COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1897,

PRÉSIDENCE DE M. A. CHATIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse une ampliation du Décret par lequel le Président de la République approuve l'élection de M. *G. Bonnier* dans la Section de Botanique, en remplacement de feu M. *Trécul*.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le Président invite M. **Bonnier** à prendre place parmi ses Confrères.

CHIMIE. — *Nouvel appareil pour l'application de l'analyse spectrale à la reconnaissance des gaz;* par M. **Berthelot**.

« On sait quels services la Spectroscopie rend aujourd'hui à l'analyse chimique. Cependant, son application courante à la reconnaissance des

gaz offre quelques difficultés. En effet, c'est surtout à l'aide de tubes à gaz raréfiés, dits *tubes de Plucker,* d'une disposition spéciale, que l'on a coutume de procéder. Les résultats ainsi obtenus sont susceptibles d'une très grande précision; mais la construction des tubes exige des manipulations longues et compliquées, qui ne répondent pas aux conditions expéditives d'une analyse courante.

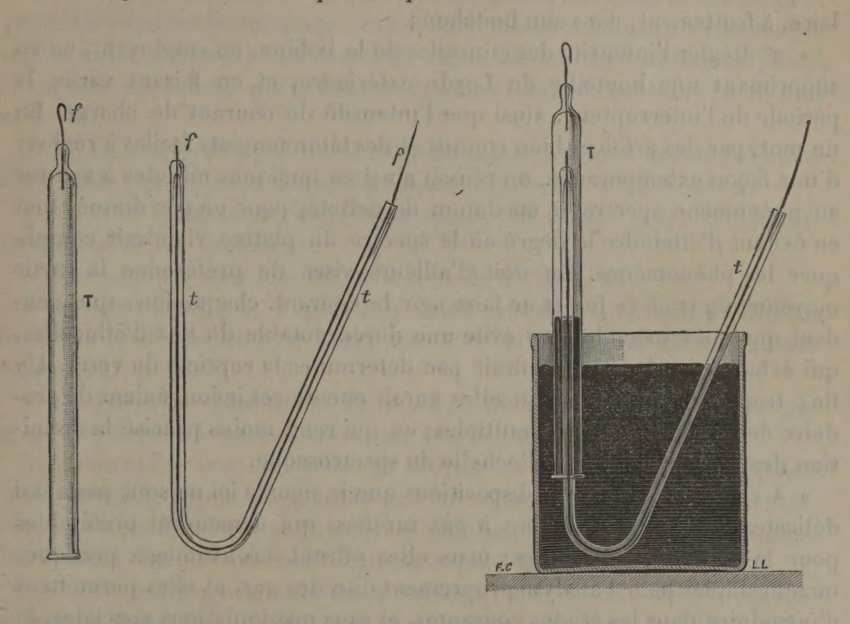
» On peut recourir à une variante de ces tubes, dans un appareil que je mets en œuvre dans mes cours du Collège de France depuis bien des années : il consiste dans un tube barométrique, long de $0^m,80$ environ, surmonté d'une petite chambre verticale, à double capacité, avec un étranglement capillaire, disposé entre deux robinets de verre, l'un inférieur, l'autre supérieur. La longueur totale du système est d'un mètre. On l'immerge complètement dans une cuve à mercure, cylindrique et profonde, de façon à le remplir de mercure de bas en haut ; puis on referme le robinet supérieur et on soulève le tube, en réalisant ainsi le vide barométrique dans la chambre supérieure et au-dessous. Il est facile de faire arriver en bas une seule bulle du gaz que l'on se propose d'examiner, par l'extrémité ouverte du tube barométrique (rempli de mercure). La bulle monte, en se dilatant, jusque dans la chambre barométrique, dont elle remplit la double capacité, ainsi que l'étranglement capillaire qui les sépare. Un fil de platine étant soudé à l'avance dans chacune de ces deux capacités, on peut faire passer un courant électrique à travers le gaz raréfié. On dirige un spectroscope sur l'étranglement capillaire et l'on observe les raies et bandes, à la façon ordinaire.

» Un appareil ainsi disposé n'exige pas que l'opérateur construise un tube spécial pour chaque gaz et qu'il y fasse pénétrer le gaz raréfié, en y faisant le vide. Mais l'appareil est fragile et il exige une cuve profonde, d'excellents robinets et beaucoup d'adresse des expérimentateurs.

» C'est ainsi que j'ai été amené à le simplifier, à l'aide des dispositions suivantes, qui permettent d'opérer sur une cuve à mercure ordinaire de petites dimensions, et avec quelques centimètres de gaz, maintenus à la pression atmosphérique.

» Les figures ci-jointes représentent les dispositions adoptées. Le tube à gaz (T) est un simple tube de verre, pourvu à sa partie supérieure d'un fil de platine (f) soudé. La longueur du tube est de $0^m,10$ à $0^m,12$; son diamètre intérieur peut varier de 7^{mm} à 15^{mm}, suivant que l'on opère sur un volume plus ou moins grand. Dans ce tube pénètre un autre tube (tt), capillaire, disposé en forme de siphon renversé, et contenant un long fil de

platine (*f*), dont l'une des extrémités est soudée à l'un des bouts du tube capillaire. Un bouchon de liège (non figuré) réunit le tube capillaire au tube enveloppant et permet de faire glisser à volonté le tube intérieur, de façon à régler la distance explosive que doit traverser l'étincelle électrique,



entre les deux pointes de platine. Le bouchon lui-même est d'ailleurs pourvu, soit d'une rainure latérale, soit d'un petit bout de tube capillaire, librement ouvert aux deux bouts, de façon à amortir l'effet des chocs électriques et des variations brusques de pression qui en résultent, entre l'intérieur du large tube et la cuve à mercure.

» Voici comment on met en œuvre l'appareil qui précède. On remplit de mercure le large tube; on y fait arriver quelques centimètres cubes (ou dixièmes de centimètre cube) du gaz à étudier; puis on introduit le tube capillaire, muni de son bouchon, et l'on transporte le tout, s'il y a lieu, sur une petite cuve à mercure de porcelaine; telle que celles que j'ai coutume d'employer pour les expériences faites avec le concours de l'effluve. Le tube est fixé devant un spectroscope. On met alors la partie extérieure des deux fils de platine en communication avec une bobine d'induction, de façon à y faire passer une série d'étincelles. Les raies et bandes caracté-

ristiques du gaz apparaissent aussitôt. Pour les apercevoir dans toute leur netteté, il convient de :

» 1° Régler la distance explosive des deux pointes de platine intérieures : ce qui se réalise aisément en faisant glisser plus ou moins le tube capillaire, à frottement, dans son bouchon ;

» 2° Régler l'intensité des étincelles de la bobine, en employant, ou en supprimant une bouteille de Leyde extérieure, et en faisant varier la période de l'interrupteur, ainsi que l'intensité du courant de charge. En un mot, par des artifices bien connus et des tâtonnements faciles à réaliser d'une façon extemporanée, on réussit ainsi en quelques minutes à assurer au phénomène spectral le maximum de netteté, pour un gaz donné; tout en évitant d'atteindre le degré où le spectre du platine viendrait compliquer les phénomènes. On doit d'ailleurs viser de préférence la partie moyenne du trait de feu et ne faire agir le courant, chaque fois, que pendant quelques secondes; on évite une durée notable du flux d'étincelles, qui échaufferait les fils et finirait par déterminer la rupture du verre. Un flux trop considérable d'étincelles aurait encore cet inconvénient de produire des trajets lumineux multiples; ce qui rend moins précise la définition des raies projetées sur l'échelle du spectroscope.

» A ce point de vue, les dispositions que je signale ici ne sont pas aussi délicates que celles des tubes à gaz raréfiés, qui demeurent préférables pour la définition des raies; mais elles offrent des avantages pratiques incontestables pour l'analyse proprement dite des gaz, et elles permettent d'introduire dans les études courantes, et sans manipulations spéciales, la certitude des manifestations et des mesures spectroscopiques. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'absorption électrique de l'azote par les composés carbonés;* par M. **Berthelot**.

« J'ai exécuté une série d'expériences nouvelles pour définir plus complètement l'absorption de l'azote, sous l'influence de l'effluve, par les composés carbonés, tels que la benzine et le sulfure de carbone, ainsi que les conditions favorables à cette absorption, ses limites, la nature des produits auxquels elle donne naissance, leur réaction sur l'oxygène libre, enfin leur décomposition par la chaleur. Ces expériences ont été faites, en général, avec l'azote préparé au moyen du nitrite d'ammoniaque.

» 1. J'ai trouvé d'abord que, dans les conditions de mes essais, la vitesse d'absorption de l'azote par la benzine était à peu près la même avec un

interrupteur Marcel Deprez, que l'on fit ou non intervenir la haute fréquence : $6^{cc},6$, en trois heures, haute fréquence ; $6^{cc},1$, sans haute fréquence. Avec un interrupteur Foucault, donnant des étincelles condensées plus rares, mais beaucoup plus fortes, l'absorption était bien moindre : $1^{cc},0$. Le nombre des interruptions est donc favorable. Les fortes décharges répondant à l'interrupteur Foucault exposent d'ailleurs beaucoup plus à la rupture des tubes, que la haute fréquence rend, au contraire, bien plus rare.

» 2. La limite des phénomènes, c'est-à-dire la dose maxima d'azote absorbable par un poids donné du composé carboné, a été trouvée :

» 1° Avec la benzine, dans trois essais, en poids : 12,1 centièmes; 12 centièmes; 11 centièmes.

» Ces rapports sont sensiblement ceux de $3C^6H^6 : 2Az$.

» Je rappellerai que, d'après mes essais antérieurs, la benzine absorbe trois fois plus d'hydrogène libre, soit $C^6H^6 : H^2$. (*Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 382.)

» En présence d'un excès de benzine, on peut absorber l'azote pur jusqu'à la dernière trace, sans aucun résidu gazeux.

» Si l'on opère avec l'azote de l'air, il reste un faible résidu : soit 0,6 centième environ, résidu plus faible que le volume de l'argon de l'air; une portion de ce dernier étant absorbée simultanément, sans l'être en totalité à cause des phénomènes d'équilibre que j'ai déjà signalés.

» 2° Avec le sulfure de carbone, la limite de l'absorption a été trouvée sensiblement la même en poids, soit 11,7 centièmes ; c'est-à-dire $3CS^2 : 2Az$. Les poids moléculaires de la benzine (78) et du sulfure de carbone (76) sont fort voisins.

» L'absorption de l'azote est plus rapide avec le sulfure de carbone qu'avec la benzine. En présence d'un excès de sulfure de carbone, l'azote est absorbé jusqu'à la dernière bulle.

» 3° J'ai également étudié la limite d'absorption avec le thiophène, C^4H^4S. Ce liquide a absorbé 8,6 centièmes de son poids d'azote; ce qui répond aux rapports $2C^4H^4S : Az$.

» La vitesse d'absorption est inférieure à celle du sulfure de carbone.

» Les trois corps précédents ont absorbé l'azote, sans dégager de gaz pour leur propre compte. Cependant la benzine en a produit une petite quantité dans quelques-uns de mes essais, durant la période où l'absorption de l'azote n'était pas complète.

» D'autres composés organiques, soumis à l'influence de l'effluve, peu-

vent produire de l'hydrogène, de l'acétylène, de l'ammoniaque, etc., ainsi que je l'ai constaté autrefois ([1]). Sans y revenir pour le moment, je rappelle ces faits, pour prévenir toute erreur à cet égard.

» 3. La nature des produits a été examinée seulement avec la benzine. D'après les rapports obtenus plus haut, l'absorption forme une substance qui répondrait à la composition brute d'une diphénylphénylènediamine :

$$C^6H^5 - C^6H^5 - C^6H^4(AzH^2)^2.$$

» Les produits que j'ai examinés offrent, en effet, les propriétés des diamines de cet ordre, mélangées d'ailleurs avec d'autres corps condensés. Avant d'être soumis aux essais que je vais résumer, ils avaient, d'ailleurs, subi le contact prolongé de l'air, qui les avait en partie oxydés. Ces produits ont été récoltés, en les dissolvant dans la benzine et en évaporant celle-ci au bain-marie. Le résidu contient : une matière soluble dans l'eau, peu abondante ; une matière soluble dans l'acide chlorhydrique étendu et froid, fort abondante. En même temps, le titre de l'acide a diminué très sensiblement, d'après un essai alcalimétrique. Il s'est formé par là le sel d'un alcali, que la potasse précipite, en développant une odeur douceâtre et vireuse, analogue à celle de la quinoléine et des alcalis hydropyridiques. La dissolution de ce chlorhydrate, étant évaporée, laisse un résidu, qu'il suffit de chauffer très légèrement pour obtenir un sublimé de chlorhydrate d'ammoniaque.

» La matière insoluble dans l'acide chlorhydrique étendu et froid, ayant été chauffée au bain-marie avec de l'acide chlorhydrique concentré, a fourni une nouvelle dose d'un sel analogue, doué de caractères semblables. Il est resté finalement une résine insoluble dans l'acide chlorhydrique et également très riche en azote.

» Ces propriétés répondraient à un mélange de plusieurs composés azotés, dont certains sont des alcalis assez énergiques, de l'ordre des diamines, aisément dédoublables avec régénération partielle d'ammoniaque ; et certains autres, de l'ordre de l'hydrazobenzol et autres dérivés amidés de la benzine et du phénol.

» L'action de la chaleur confirme ces indications. En effet, en distillant doucement la matière primitive, elle dégage du gaz ammoniac en abondance, ainsi que de la benzine, de l'eau (provenant de l'oxydation par l'air);

([1]) *Essai de Méc. chim.*, t. II, p. 379, 383 et suivantes.

une trace extrêmement faible d'aniline, et un liquide bitumineux, contenant des composés azotés.

» J'avais trop peu de matière pour pousser plus loin cet examen. J'ai cherché seulement s'il y avait régénération d'azote libre, en chauffant au rouge sombre les produits condensés, dans le tube à effluve même, avant qu'ils eussent subi le contact de l'air; conformément à l'artifice suivi pour la régénération de l'argon et de l'hélium, au moyen de leur dérivé sulfocarbonique.

» Le dérivé azotobenzénique a produit ainsi une certaine quantité de gaz ammoniac, mais sans régénérer d'azote libre.

» 4. J'ai soumis à la même épreuve de la chaleur le produit obtenu par la fixation de l'azote sur le sulfure de carbone; toujours en opérant sur les tubes à effluve mêmes, sans faire subir aux produits aucun contact avec l'air. Au rouge sombre, il s'est régénéré cette fois de l'azote libre, dont la proportion exacte n'a pu être évaluée, parce que la disposition des tubes ne permettait qu'à une portion de la matière de subir l'action de la chaleur. J'estime cette dose régénérée au quart ou au cinquième seulement de l'azote fixé sur la portion de matière qui avait subi l'action effective de la haute température. La majeure partie de l'azote serait donc demeurée unie au soufre et au carbone réunis : ce qui indique la formation de certains composés azotés, plus stables que ceux de l'argon et de l'hélium; ces derniers gaz se régénérant en majeure partie, sinon en totalité, dans les mêmes conditions.

» 5. Les produits condensés qui dérivent des composés carbonés modifiés par l'effluve sont très oxydables et fort accessibles, en particulier, à l'action de l'oxygène libre. Cette aptitude appartient à un haut degré aux combinaisons engendrées par la fixation de l'azote libre.

» Pour la mieux définir, j'ai opéré avec la benzine saturée d'azote et ayant absorbé $0^{gr},075$ de cet élément. Après avoir évacué l'azote non absorbé, j'ai introduit dans l'espace annulaire, compris entre les deux tubes concentriques, $15^{cc},1$ d'oxygène pur, et abandonné le tout, sur le mercure, à la température ordinaire, en février 1897. Au bout de onze jours, la réaction n'étant pas épuisée, j'ai trouvé qu'il s'était absorbé $7^{mgr},4$ d'oxygène, soit un dixième du volume de l'azote fixé, avec formation de $0^{mgr},7$ d'acide carbonique et de $0^{mgr},07$ d'oxyde de carbone. Aucune trace d'azote ne s'était redégagée.

» Ce dernier fait doit être rapproché de la propriété de la phénylhydrazine, qui absorbe également à froid l'oxygène, mais qui dégage, au con-

traire, de l'azote libre simultanément, soit un volume égal à celui de l'oxygène libre qu'elle absorbe si aisément ([1]). Il montre, en effet, que le composé azoté, formé par la benzine sous l'influence de l'effluve, possède une constitution toute différente de la phénylhydrazine.

» 6. Le composé azoté qui dérive du sulfure de carbone absorbe également à froid l'oxygène pur. J'ai opéré avec un produit qui avait absorbé 15^{mgr} d'azote et était encore éloigné de la saturation. L'absorption de l'oxygène est déjà visible au bout de quelques heures. Elle est progressive. Après treize jours, l'action n'étant pas épuisée, j'ai trouvé une absorption de 24^{cc},4 : c'est-à-dire dans le rapport de 3 volumes pour 2 d'azote, fixés sur le sulfure de carbone. Une fraction de cet oxygène a pu d'ailleurs être fixée par des principes condensés non azotés. En tout cas, il n'y avait pas d'azote dégagé en proportion sensible.

» Les expériences que je viens de décrire jettent un premier jour sur la nature des principes azotés qui se forment sous l'influence de l'effluve agissant sur les composés organiques. Ce qui en augmente l'intérêt, c'est l'analogie de cet ordre de réactions avec celles qui s'exercent entre l'azote de l'air et les principes immédiats des végétaux. Cet azote étant susceptible d'être absorbé continuellement dans la nature, sans étincelle, bien entendu, et dans des conditions comparables à celles de l'effluve; ainsi que je l'ai établi par mes expériences sur les hydrates de carbone soumis, soit à des tensions électriques très faibles, soit aux tensions courantes de l'électricité atmosphérique elle-même, au voisinage du sol ([2]). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des surfaces algébriques au point de vue de la Géométrie de situation et sur les intégrales de différentielles totales;* par M. **Émile Picard**.

« J'ai montré, dans des recherches antérieures, l'intérêt qu'il y a à introduire dans la théorie des surfaces algébriques les considérations d'*Analysis situs*. Je voudrais indiquer aujourd'hui un théorème qui complète cette étude en un point important. Il ne sera pas inutile de commencer par exposer rapidement les parties essentielles de la théorie dans l'ordre

---

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. IV, p. 120.

([2]) *Essai de Mécan. chimique,* t. II, p. 387 et 390.

d'idées où je me place (¹), telles que je viens de les présenter dans mon cours.

» 1. La première question qui se présente dans la théorie des surfaces algébriques est relative à la réduction des singularités. Elle a fait autrefois l'objet des travaux de M. Nœther et de M. del Pezzo, et M. Segre vient d'y consacrer récemment un intéressant Mémoire. J'ai tout d'abord cherché à présenter d'une manière complètement rigoureuse les théorèmes qui jouent le rôle essentiel dans cette réduction. D'après une première proposition, on peut faire correspondre point par point à toute surface algébrique

$$f(x, y, z) = 0,$$

ayant des singularités quelconques, une autre surface n'ayant que les singularités ordinaires. Celles-ci se composent de courbes doubles pouvant avoir des points triples à tangentes distinctes qui sont en même temps des points triples pour la surface.

» Un second théorème est relatif à la représentation d'une surface dans un espace à dimensions complexes, dont le nombre est supérieur à trois. Il est possible de faire correspondre uniformément la surface f à une surface F d'un espace E à cinq dimensions, *cette surface* F *n'ayant aucun point multiple*. Cette seconde proposition est la plus importante, la première s'en déduisant d'ailleurs aisément.

» 2. Si l'on ramène à la surface d'une sphère chacune des dimensions complexes de l'espace E (comme dans la théorie des fonctions d'une variable complexe), on peut regarder la surface F comme étant un continuum *fermé* à quatre dimensions réelles ne se coupant pas lui-même. Or on sait, d'après Riemann et Betti, qu'il y a lieu, dans une variété à *quatre* dimensions, de considérer *trois* ordres de connexion

$$p_1, \quad p_2, \quad p_3$$

relatifs respectivement à une, deux et trois dimensions. La variété ici considérée étant fermée, on aura

$$p_1 = p_3,$$

(¹) Au point de vue de l'Algèbre et de la Géométrie analytique, la théorie des surfaces algébriques a fait, dans ces dernières années, l'objet de travaux considérables de la part de deux jeunes géomètres italiens extrêmement distingués, MM. Castelnuovo et Enriques. On trouvera, dans le tome XLVIII des *Mathematische Annalen* (1896), un Mémoire dans lequel ils résument les principaux résultats de leurs recherches.

et nous sommes ainsi conduit à introduire dans la théorie des surfaces deux nombres invariants p_1 et p_2 relatifs aux connexions à une et deux dimensions.

» Le premier résultat que j'ai obtenu est relatif au nombre p_1 ; on arrive à cette conclusion, au premier abord étrange, que *l'on a en général*

$$p_1 = 1,$$

c'est-à-dire que *tous les cycles linéaires d'une surface se ramènent à un cycle nul;* on peut donner de ce théorème diverses démonstrations. Ce n'est que pour des surfaces spéciales que p_1 est supérieur à l'unité, et la question se pose de déterminer le nombre p_1 pour une surface donnée; mais occupons-nous d'abord des intégrales de différentielles totales.

» 3. Nous considérons une intégrale de différentielle totale

$$(1) \qquad \int P\,dx + Q\,dy,$$

où P et Q sont des fonctions rationnelles des coordonnées x, y, z d'un point quelconque de f. Une telle intégrale sera dite une intégrale de *première espèce,* si elle reste finie en tout point de la variété F qui lui correspond dans l'espace E. On peut encore donner une autre définition équivalente en restant dans l'espace (x, y, z); soit (x_0, y_0, z_0) un point arbitraire de la surface, que nous pouvons toujours supposé ramené à distance finie, et envisageons toutes les courbes passant par (x_0, y_0, z_0) situées sur la surface et susceptibles d'être représentées dans le voisinage du point par les équations

$$(2) \qquad x = x_0 + \lambda(t), \qquad y = y_0 + \mu(t), \qquad z = z_0 + \nu(t),$$

λ, μ, ν étant holomorphes dans le voisinage de $t = 0$ et s'annulant pour $t = 0$. On substitue ces valeurs dans l'expression (1) et l'on a une intégrale devant rester finie pour $t = 0$. Si cette condition est remplie pour tous les points de la surface et pour toutes les courbes de la nature indiquée, l'intégrale sera de première espèce.

» Si une surface a une intégrale de première espèce, celle-ci aura au moins *deux* périodes; par suite

$$p_1 \geqq 3,$$

et il résulte immédiatement de là qu'il n'y a pas, *en général,* de telles intégrales. La recherche des intégrales de première espèce pour une surface donnée peut se faire d'une manière régulière. On devra pouvoir trouver

trois polynomes A, B, C en x, y, z satisfaisant à l'identité

$$A\frac{\partial f}{\partial x}+B\frac{\partial f}{\partial y}+C\frac{\partial f}{\partial z}=\left(\frac{\partial A}{dx}+\frac{\partial B}{\partial y}+\frac{\partial C}{\partial z}\right)f(x,y,z).$$

En désignant par m le degré de f, A doit être de degré $m-2$ en x, y, z et de degré $m-3$ en y et z, et de même pour B et C par permutation circulaire. Si la surface f n'a que des singularités ordinaires, les trois surfaces

$$A=0,\qquad B=0,\qquad C=0$$

doivent passer par la courbe double; à chaque système de polynomes A, B, C, satisfaisant à ces conditions, correspond une intégrale de première espèce.

4. Passons aux intégrales de différentielles totales de *seconde* espèce. On peut les définir encore de deux manières équivalentes. Si l'on prend d'abord les expressions (2) et qu'on les substitue dans (1), on aura une expression

$$\int F(t)\,dt.$$

» Supposons que $F(t)$ ne soit pas identiquement infinie; l'intégrale précédente ne devra pas avoir au point $t=0$ un point singulier logarithmique. On peut encore définir les intégrales de seconde espèce en disant que l'intégrale prise le long de tout cycle susceptible de se réduire à un cycle nul est égale à zéro. On voit immédiatement qu'*une surface, pour laquelle* $p_1=1$, *n'a pas d'intégrale de différentielle totale de seconde espèce qui ne se réduise à une fonction rationnelle de* x, y et z.

» Des intégrales de seconde espèce sont dites distinctes, si l'on ne peut former avec elles de combinaison linéaire se réduisant à une fonction rationnelle. La recherche des intégrales de seconde espèce d'une surface donnée est beaucoup plus difficile que pour les intégrales de première espèce. J'ai montré qu'*on pouvait ramener d'une manière régulière ce problème à la recherche des intégrales rationnelles d'une équation différentielle linéaire ordinaire dont les coefficients sont eux-mêmes rationnels.*

5. Revenons maintenant à la recherche du nombre p_1; j'ai indiqué autrefois le principe de cette recherche, mais sans formuler le résultat précis que je veux maintenant indiquer. Je suppose que les axes ont une disposition arbitraire par rapport à la surface, qui n'a que des singularités ordinaires; on peut d'abord ramener tous les cycles linéaires de la surface à

être dans un plan $y = \text{const}$. Considérons alors la courbe algébrique $f(x, \overline{y}, z) = 0$, correspondant à la relation algébrique entre x et z.

» Il faut étudier la déformation des cycles relatifs à cette courbe quand le paramètre y varie.

» Formons à cet effet une intégrale de seconde espèce (pour y arbitraire) de la courbe précédente et qui soit de la forme

$$\text{(I)} \qquad \int \frac{F(x, y, z)\, dx}{f'_z},$$

où F est rationnelle en x, y et z. Les périodes de l'intégrale (I) sont des fonctions de y, satisfaisant à une équation linéaire dont les coefficients sont des polynomes en y. Soient

$$\omega_1, \quad \omega_2, \quad \ldots, \quad \omega_{2p}$$

un système de périodes de l'intégrale (I), en désignant par p le genre de $f(x, \overline{y}, z) = 0$. Quand y décrira tous les chemins possibles dans son plan en revenant à son point de départ, les ω se transforment en Ω, et l'on a

$$\text{(S)} \qquad \Omega_i = m_1^i \omega_1 + m_2^i \omega_2 + \ldots + m_{2p}^i \omega_{2p} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2p),$$

les m étant des entiers, et ces substitutions (S) correspondront au groupe de l'équation linéaire. Les équations (S) peuvent se lire sous forme géométrique; elles indiquent, si $C_1, C_2, \ldots, C_{2p}$ indiquent les cycles correspondant aux périodes $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_{2p}$, que le cycle C_i s'est déformé avec la variation de y et s'est transformé en une somme de m_1^i fois le cycle C_1 plus m_2^i fois le cycle C_2, plus, etc. Si donc maintenant on envisage une intégrale de l'espace à quatre dimensions comme on en considère dans l'*Analysis situs,* et que P_i désigne sa période relativement au cycle C_i, on aura

$$\text{(II)} \qquad P_i = m_1^i P_1 + m_2^i P_2 + \ldots + m_{2p}^i P_p \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2p),$$

et à chaque substitution du groupe correspondront $2p$ équations de cette forme. Il arrivera en général que l'ensemble des équations (II) donnera pour tous les P des valeurs nulles, et nous retombons sur ce fait que tous les cycles se réduisent à zéro, c'est-à-dire $p_1 = 1$. Mais il pourra arriver que les équations (II) soient vérifiées autrement qu'en annulant tous les P. Supposons que de l'ensemble de ces équations on puisse tirer $2p - r$ des quantités P en fonction des r autres restant arbitraires; il est clair que les périodes P pourront certainement se réduire à r d'entre elles, et, par suite, le nombre des cycles linéaires distincts de la surface sera au plus égal à r.

» Nous n'avons jusqu'ici qu'une limite supérieure du nombre des périodes, c'est-à-dire de $p_1 - 1$; on peut aller plus loin et *montrer que l'on a* $p_1 = r + 1$.

» 6. Pour établir ce point, nous considérons $2p$ intégrales distinctes I_1, $I_2, \ldots, I_{2p}$ analogues à I, et nous allons chercher si l'on peut déterminer des fonctions rationnelles $a_1, a_2, \ldots, a_{2p}$ de y, de telle sorte que les périodes de l'intégrale

$$a_1 I_1 + a_2 I_2 + \ldots + a_{2p} I_{2p}$$

ne dépendent pas de y. Soient $\omega_1^h, \omega_2^h, \ldots, \omega_{2p}^h$ les $2p$ périodes de I_h; nous avons à écrire les $2p$ équations

$$a_1 \omega_k^1 + a_2 \omega_k^2 + \ldots + a_{2p} \omega_k^{2p} = P_k \qquad (k = 1, 2, \ldots, 2p),$$

les P étant des constantes. Supposons que ces constantes satisfassent à l'ensemble des équations (II); il est facile de voir que *les 2p équations précédentes déterminent pour les a des fonctions rationnelles de y*. Posons alors

$$a_1 I_1 + a_2 I_2 + \ldots + a_{2p} I_{2p} = \int R\, dx,$$

où R est rationnelle en x, y, z. Je démontre maintenant qu'on peut former une intégrale de différentielle totale

$$\int R\, dx + S\, dy, \tag{3}$$

où S sera, comme R, rationnelle en x, y et z; *de plus cette intégrale est de seconde espèce*.

» L'intégrale (3) de seconde espèce que nous venons de former a r périodes arbitraires. Nous allons tirer de là une conséquence importante; puisque l'intégrale (3) a r périodes, il n'est pas possible que l'on ait

$$p_1 - 1 < r,$$

car alors quelqu'une des périodes proviendrait d'un cycle réductible à un cycle nul, ce qui n'est pas possible, l'intégrale étant de seconde espèce. Nous avons donc l'égalité annoncée

$$p_1 = r + 1.$$

Nous pouvons enfin énoncer le théorème suivant que j'avais principalement en vue [1] :

» *Toute surface algébrique possède $p_1 - 1$ integrales distinctes de différentielles totales de seconde espèce, p_1 désignant son ordre de connexion linéaire.*

» Ainsi se trouve établie une relation étroite entre la connexion linéaire et les intégrales de différentielles totales. De plus, le nombre des intégrales distinctes de seconde espèce pouvant être obtenu par un calcul régulier, *nous aurons par là même l'ordre de la connexion linéaire*. Je me propose d'indiquer prochainement quelques résultats relatifs à l'ordre p_2 de la connexion à deux dimensions. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une propriété des moteurs asynchrones;* par M. A. **Potier.**

« Dans la théorie des moteurs dits *asynchrones*, ou à *induit fermé*, on suppose implicitement que l'intensité du champ produit dans l'entrefer par l'un des circuits inducteurs varie suivant une loi sinusoïdale en fonction de l'angle $p\theta$, si θ désigne la distance angulaire du point de l'entrefer considéré à l'un des points neutres, et $2p$ le nombre des pôles. C'est la condition nécessaire et suffisante pour que le champ résultant du passage des courants polyphasés dans les circuits inducteurs puisse être considéré comme un champ tournant, restant semblable à lui-même, avec une vitesse angulaire $\frac{2\pi}{pT} = \omega_1$ (T = période des courants inducteurs); dans ces conditions, si l'induit est animé d'une vitesse angulaire ω_2, il est soumis à un couple accélérateur d'origine électro-magnétique, dont la valeur est

$$C = \frac{A\mathcal{H}_1^2(\omega_1 - \omega_2)}{\alpha^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2}.$$

$\mathcal{H}$ est l'intensité maximum du champ créé par les inducteurs A, et α deux constantes dépendant des dimensions de l'appareil.

» Mais les enroulements inducteurs sont ordinairement disposés sans avoir égard à la condition supposée, et l'intensité du champ produit par un des inducteurs est en réalité $\mathcal{H}_1 \sin p\theta + \mathcal{H}_3 \sin 3p\theta, \ldots$, de sorte que, lorsque les courants polyphasés excitent l'inducteur, le champ est la super-

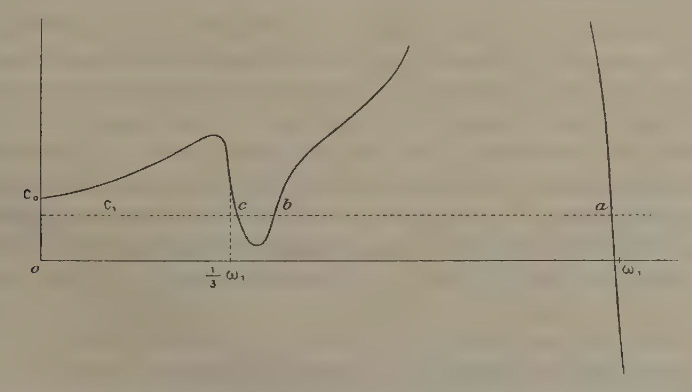
[1] Ce résultat comprend, comme cas particulier, un théorème démontré dans mon Mémoire *Sur les fonctions algébriques de deux variables* (p. 50).

position de champs sinusoïdaux, d'intensité maximum $\mathcal{H}_1$, $\mathcal{H}_3$, ..., tournant avec les vitesses angulaires ω_1, $\frac{\omega_1}{3}$, $\frac{\omega_1}{5}$, . . , et le couple devient

$$C = A^1 \left[\frac{\mathcal{H}_1^2(\omega_1 - \omega_2)}{\alpha^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2} + \frac{3\mathcal{H}_3^2(\omega_1 - 3\omega_2)}{9\alpha^2 + (\omega_1 - 3\omega_2)^2} + \ldots \right].$$

» Le premier terme seul considéré ordinairement, négatif si $\omega_2 > \omega_1$, devient positif si $\omega_1 > \omega_2$, et croît tant que ω_2 est supérieur à $\omega_1 - \alpha$, pour diminuer ensuite avec ω_2; le second terme suit une loi analogue : négatif et très faible pour les grandes valeurs de ω_2, il devient minimum pour $3\omega_2 = \omega_1 + 3\alpha$, s'annule pour $\omega_1 = 3\omega_2$, passe par un maximum positif pour $3\omega_2 = \omega_1 - 3\alpha$, et décroît quand ω_2 tombe au-dessous de cette valeur. Autrement dit, si l'on tient compte de ce que α est toujours une faible fraction de ω_1, la courbe dont C est l'ordonnée et ω_2 l'abscisse, ascendante depuis $\omega_2 = \alpha$ jusque vers $\omega_2 = \frac{1}{3}\omega_1 - \alpha$, tombe rapidement entre $\omega_2 = \frac{1}{3}\omega_1 - \alpha$ et $\frac{1}{3}\omega_1 + \alpha$, se relève jusque vers $\omega_2 = \omega_1 - \alpha$ pour tomber vers o et avoir une ordonnée négative pour ω_2 égal ou supérieur à ω_1.

» Par suite, si l'on donne au couple résistant une valeur C_1 inférieure au couple C_0 correspondant à $\omega_2 = 0$, et permettant au moteur de démarrer, il correspondra à cette valeur C_1 tantôt une, tantôt trois valeurs



de ω_2; dans ce dernier cas, il ne conviendra toutefois que deux vitesses au régime stable, qui seront la plus grande a et la plus petite c des racines de l'équation $C = C_1$; pour la racine intermédiaire, dC et $d\omega_2$ sont de même signe, et le régime, s'il pouvait s'établir, serait instable; au contraire, à la vitesse c comme à la vitesse a, le moteur pourra supporter une surcharge sans s'arrêter.

» La valeur minimum de C_1, correspondant à deux régimes stables, dépend des valeurs des coefficients $\mathcal{K}_1$ et $\mathcal{K}_3$; elle sera négative, pour les petites valeurs de α lorsque la condition

$$\mathcal{K}_3^2 > \mathcal{K}_1^2 \frac{3a}{\omega_1}$$

sera vérifiée; il y aura alors deux vitesses de régime à vide. Le rapport de $\mathcal{K}_3$ à $\mathcal{K}_1$ dépend surtout du rapport de l'espace occupé par les champs de chaque circuit inducteur à la circonférence totale de l'armature; lorsque ce dernier rapport est $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ et 1, le premier est $\frac{2}{3}$, 0 et $\frac{1}{3}$. Lorsque l'armature n'est pas construite en cage d'écureuil et porte plusieurs bobines, il suffit de grouper celles-ci en série pour diminuer la valeur de α et rendre possibles deux vitesses de régime sous faibles charges. »

THERMODYNAMIQUE BIOLOGIQUE. — *Méthode nouvelle pour s'assurer si, dans les milieux vivants, comme dans le monde inanimé, le travail positif « prend » de l'énergie au moteur et si le travail négatif lui en « donne »*; par M. **A. Chauveau.**

« Quand les muscles produisent du *travail positif,* ils s'échauffent plus que s'ils concourent à l'exécution d'un *travail négatif* de même valeur : ce qui a toujours paru paradoxal aux mécaniciens. J'ai expliqué pourquoi il en est ainsi : le soulèvement des charges par les muscles exige, de la part de ceux-ci, plus de *travail intérieur* (*travail physiologique*) que l'acte inverse. Par conséquent, la dépense énergétique, source de ce *travail intérieur,* est plus grande, lorsqu'il est employé à faire du *travail extérieur* positif, que s'il est consacré à réfréner un *travail négatif* équivalent (1). Si l'on pouvait égaliser cette dépense intérieure, dans les deux cas, on verrait nécessairement la différence d'échauffement se manifester en sens inverse : le travail négatif produirait plus de chaleur que le travail positif.

» Dans les conditions habituelles de l'application du système musculaire à la production du travail mécanique, c'est un résultat qui ne saurait être atteint. Mais il est au pouvoir de l'expérimentateur de l'obtenir par la création de conditions particulières, qui ne sont plus celles du travail ordinaire. Il en est qui m'ont été indiquées par mes recherches sur la dépense

(1) Voir *Comptes rendus,* t. CXXI, 8 juillet 1895; t. CXXII, 13 et 20 janvier 1896.

énergétique qu'entraîne la contraction statique employée au soutien des charges sous des degrés différents de raccourcissement musculaire [1]. Je vais montrer qu'on peut tirer de ces recherches une *méthode permettant d'obtenir l'égalisation de la dépense énergétique primitive ou fondamentale, pendant une très brève contraction statique dans le cours de laquelle s'intercale, ou non, du travail positif ou du travail négatif de cause purement extérieure.* Si je ne me suis fait illusion, le cas idéal rêvé par Hirn [2], pour les déterminations d'équivalence thermodynamique, dans l'économie animale, se trouverait ainsi réalisé. Je veux parler de la condition comparable à celle où se trouve la pile voltaïque, dont le circuit contient un électro-aimant disposé pour fonctionner, soit sans faire du travail extérieur, soit en produisant du travail positif, soit en résistant à du travail négatif, tout en continuant à exécuter constamment le même travail intérieur, c'est-à-dire à consommer la même énergie thermochimique.

» Principes de la méthode. — Il convient de les exposer sommairement, en les enchaînant suivant un certain ordre et en rappelant d'abord les points fondamentaux relatifs à la propriété essentielle qui distingue le muscle en état de contraction statique.

» 1° *De l'élasticité du caoutchouc comparée à celle du muscle en état de contraction statique.* — La comparaison de l'élasticité du tissu musculaire avec celle du caoutchouc a été faite assez souvent; mais c'est surtout l'élasticité du muscle extrait du corps et en état de relâchement, celle qui se prête le moins à cette comparaison, qui en a fait l'objet. Donders et V. Mansveldt sont les premiers qui, avant moi, aient étudié l'élasticité du muscle vivant, contracté pour le soutien fixe d'une charge, en plein état d'intégrité physiologique. Encore n'ont-ils pas caractérisé systématiquement la condition qu'ils avaient en vue, de manière à la distinguer nettement de la condition principalement visée par Ed. Weber et ses imitateurs, c'est-à-dire l'élasticité du muscle mort non encore envahi par la rigidité cadavérique.

» Entre cette élasticité du muscle inerte et celle du caoutchouc, il y a des différences considérables. L'élasticité du caoutchouc de bonne qualité, bien préparé, est parfaite, tant au point de vue de l'extensibilité qu'à celui de la rétractilité : les deux caractères fondamentaux qui définissent l'élasticité. Un boudin de caoutchouc vulcanisé, tendu par une petite charge,

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CXXIII, 18 septembre 1896; t. CXXIV, 4 janvier 1897.
(2) Consulter *Archives de Physiologie, etc.*, p. 229; 1897.

s'allonge plus ou moins si l'on ajoute une surcharge, et l'allongement, contenu dans certaines limites, est proportionnel à la surcharge. Si celle-ci est supprimée de suite, le boudin de caoutchouc revient instantanément à sa longueur primitive. Or jamais cette double caractéristique de l'élasticité parfaite ne se montre dans la propriété élastique, peu développée d'ailleurs, que possède le muscle mort, en état de flaccidité. Ce muscle ne s'allonge pas proportionnellement à la charge et, surtout, sa rétraction, après l'allongement, est toujours imparfaite ([1]).

» *Seul le muscle en état de contraction statique possède*, DU FAIT MÊME DE CET ÉTAT DE CONTRACTION, *une élasticité parfaite absolument comparable et même supérieure à celle du meilleur caoutchouc*. Comme ce dernier, le muscle contracté pour le soutien fixe d'une charge s'allonge proportionnellement aux charges surajoutées. Il revient ensuite très exactement à sa longueur première, si les surcharges sont supprimées.

» Entre cette merveilleuse élasticité du muscle normal vraiment vivant, en état de contraction statique, et l'élasticité rudimentaire du muscle isolé en état de flaccidité, il y a donc une différence très notable. Ainsi, quand on envisage l'élasticité acquise par le muscle normal, contracté pour le soutien d'une charge, on se trouve en présence d'une propriété spéciale, distincte de la propriété physique, lointainement analogue, qui appartient au muscle mort. Celle-ci ne se rattache que par les liens les plus lâches à l'élasticité parfaite du caoutchouc. Celle du muscle contracté s'identifie, au contraire, avec cette élasticité du caoutchouc, tant par les caractères tirés de l'extensibilité du tissu que par ceux de sa rétractilité.

» L'identité des deux propriétés est aussi complète que possible. Elles ne se distinguent, en effet, que par leur cause originelle : l'une, celle du caoutchouc, est une propriété naturelle, tenant aux qualités fondamentales de la substance; l'autre est une propriété acquise, tenant à une modification apportée par l'état de contraction à l'arrangement du tissu musculaire.

» Cette différence en entraîne une autre : dans le caoutchouc l'aptitude à développer les caractères de l'élasticité parfaite a une existence spontanée, indépendante de toute consommation énergétique; dans le muscle,

---

([1]) Consulter les courbes de J. MAREY (*Du mouvement dans les fonctions de la vie : fig.* 94, d'une part; *fig.* 92, 93, 96, d'autre part), quoique les conditions dans lesquelles il a opéré s'éloignent quelque peu de celles de Weber. La question sera, du reste, traitée de nouveau prochainement, avec de nouveaux moyens de démonstration.

le travail intérieur, plus ou moins actif, constitué par l'état de contraction ne peut se produire sans une incessante dépense d'énergie, c'est-à-dire sans échauffement, déterminé par la dispersion de la chaleur sensible résultant de la transformation énergétique finale.

» Ces notions sommaires sont rappelées ici comme des préliminaires destinés à favoriser l'exposition des points essentiels que nous avons à signaler maintenant et qui servent de bases à la méthode que nous nous proposons d'exploiter.

» 2° *Influence des variations divergentes de la charge soutenue et du raccourcissement du muscle sustenteur sur la valeur des échanges respiratoires, c'est-à-dire sur la dépense énergétique, dans le cas de contraction statique. Comment, dans ce cas, « l'uniformité » de la dépense peut accompagner la « diversité » des conditions de l'état de contraction.* — Quand un muscle est en contraction statique, pour soutenir une charge, sa dépense énergétique, *appréciée d'après les échanges respiratoires,* est proportionnelle, d'une part, à la charge soutenue par le muscle, d'autre part, si la contraction s'accompagne de changement dans la longueur des faisceaux musculaires, au produit de la charge par le degré de raccourcissement du muscle (¹).

» La première dépense intervient seule quand la contraction imprime au muscle, sans le raccourcir, la tension élastique qui fait équilibre à la charge. Cette dépense s'accroît de la valeur de la seconde lorsque le muscle contracté est en même temps raccourci. En général, les deux dépenses coexistent. Mais leur fusion n'empêche qu'elles ne gardent leur valeur et leur destination propres : l'une répondant à l'élasticité qui équilibre la *résistance extérieure,* c'est-à-dire la charge; l'autre répondant à l'élasticité qui équilibre la *résistance intérieure,* celle que le muscle, tendu par la charge, oppose à sa déformation.

» La loi de cette double dépense montre qu'il est possible d'en uniformiser la valeur quand la charge soutenue et le raccourcissement du muscle sustenteur varient en sens inverse. On comprend, en effet, qu'une charge soutenue sans raccourcissement (condition A) puisse dépenser exactement la même énergie qu'une charge plus faible soutenue par le muscle raccourci (condition B). Il suffit, pour cela, que le raccourcissement musculaire affecte une valeur en rapport avec l'allègement de la charge première. Soit 4 cette charge première ; l'énergie dépensée est proportionnelle

(¹) Voir A. Chauveau et J. Tissot, *Comptes rendus*, 18 décembre 1896, 4 janvier 1897.

à (4, 1[re] part) + (0, 2[e] part) = 4. Réduite à 1 et soutenue par le muscle raccourci comme 3, la charge réclame, pour son soutien, une dépense énergétique proportionnelle à (1, 1[re] part) + (1 × 3, 2[e] part) = 4. *Les deux dépenses sont donc égales, malgré la différence considérable qui existe entre la condition* A *et la condition* B *du muscle en contraction statique.*

» 3° *Maintien de l'égalité de la dépense énergétique dans le passage d'une condition à l'autre.* — La dépense énergétique est déterminée par l'excitation nerveuse qui provoque dans le muscle l'état de contraction. Supposons que le passage de la condition A à la condition B, ou celui de la condition B à la condition A, s'effectue sans que cette excitation soit modifiée, ou volontairement, ou par effet réflexe; il n'y a aucune raison pour qu'il se produise alors le moindre changement dans la dépense énergétique. *Cette dépense doit continuer à rester égale à elle-même dans tous les cas, non seulement quand les charges sont soutenues d'une manière fixe, avec ou sans raccourcissement musculaire, mais encore pendant leur déplacement, si celui-ci s'effectue de manière à réaliser le passage de la condition* A *à la condition* B, *ou le passage inverse.*

» 4° *Du travail mécanique constitué par le déplacement automatique des charges pendant le passage d'une condition à l'autre. Moyen de faire effectuer ce travail au muscle en contraction statique sans dépense énergétique nouvelle.* — Le passage de A à B constitue du travail positif; le passage de B à A constitue du travail négatif. Or, les muscles en état de contraction statique peuvent fournir *automatiquement* ces deux sortes de travaux mécaniques, sous l'influence de causes extérieures *qui modifient la valeur de la charge à l'insu du sujet, en dehors de toute participation de sa volonté, par conséquent sans qu'il soit rien changé à la dépense énergétique intérieure primitivement excitée dans le muscle pour créer l'état de contraction.*

» Ainsi, lorsqu'un muscle contracté sans raccourcissement soutient une charge, l'allègement de celle-ci rend instantanément libre la force élastique *effective* qui équilibrait la partie supprimée de la charge. Cette force libérée s'emploie *spontanément* au soulèvement de la charge restante. D'où *travail positif*, exécuté sans modification aucune à l'excitation directrice primitivement imprimée au travail physiologique musculaire, partant à la dépense énergétique d'où procède ce dernier.

» De même, dans le muscle ainsi raccourci par le travail positif, le rétablissement de la charge en sa valeur primitive ne change rien à la dépense intérieure qui entretient la contraction statique. Il en résulte seulement, pour ce muscle, une addition de force de tension ou d'énergie potentielle

venue du dehors. Celle-ci, lorsque la charge est abandonnée à elle-même et tend à être entraînée vers le sol, allonge le muscle en faisant du *travail négatif* et se transforme ainsi en force vive, qui se dissipe sous forme de chaleur rayonnante, après avoir refréné et éteint le travail extérieur.

» 5° *De l'échauffement déterminé dans le muscle en contraction statique, avec ou sans production automatique de travail mécanique.* — Contrairement à la dépense énergétique, mesurée par les échanges respiratoires, l'échauffement musculaire qui en résulte ne reste pas uniforme dans toutes les conditions de la contraction statique qui viennent d'être examinées.

» *a*. S'il y a soutien simple de la charge totale sans raccourcissement musculaire ou soutien simple de la charge allégée avec raccourcissement du muscle, l'échauffement représente intégralement et exclusivement l'énergie dépensée en propre par cet organe;

» *b*. Lorsque le soutien s'accompagne du *soulèvement* de la charge allégée, l'échauffement est moindre, parce qu'une très petite partie de l'énergie dépensée, qui ne varie pas, passe dans le travail mécanique en quantité exactement équivalente à ce dernier;

» *c*. Quand enfin le soutien s'accompagne de l'*abaissement* de la charge reconstituée avec sa valeur primitive, l'énergie intérieure, mobilisée dans le muscle, s'enrichit de celle qui y est apportée par le travail mécanique dont l'organe opère le refrènement : l'échauffement musculaire s'accroît alors proportionnellement à ce travail négatif, c'est-à-dire beaucoup plus qu'il ne s'amoindrit du fait de l'intervention du travail positif, car celui-ci vaut moins que le travail négatif. Si, en effet, les chemins parcourus par les charges sont égaux avec les deux sortes de travaux, il en est autrement des charges elles-mêmes, qui diffèrent considérablement. Dans l'exemple ci-dessus choisi, la valeur du travail positif (raccourcissement musculaire multiplié par la charge) est représentée par $3 \times 1 = 3$. Quant à la valeur du travail négatif, elle équivaut à $3 \times 4 = 12$, c'est-à-dire qu'elle est quatre fois plus considérable que la première, ce qui permet, dans les expériences comparatives, d'obtenir, avec le travail négatif, un surcroît d'échauffement qui est quadruple de l'amoindrissement dû au travail positif.

» 6° *L'échauffement du muscle en contraction statique, comparé à l'échauffement du caoutchouc employé à faire, dans les mêmes conditions que le muscle, du travail positif et du travail négatif.* — Il est bien évident que l'identité ci-devant signalée, entre l'élasticité du muscle en contraction statique et celle du caoutchouc doit se retrouver dans les phénomènes thermiques que provoque la mise en jeu de ces deux élasticités, *avec travail positif et travail*

négatif. Ainsi, pour continuer à nous servir des chiffres employés tout à l'heure, si un boudin de caoutchouc est tendu par une charge ayant la valeur 1, à laquelle on ajoute la surcharge 3, qui allonge le caoutchouc comme 3, il se fait un *travail négatif* égal à $4 \times 3 = 12$. Lorsque la surcharge est enlevée et que la charge primitive est ramenée à son point de départ, le *travail positif* exécuté alors est 4 fois moindre, c'est-à-dire $1 \times 3 = 3$. Donc l'échauffement déterminé par le *travail négatif* doit être 4 fois plus fort que le refroidissement provoqué par le *travail positif, exactement comme il arrive avec le muscle en contraction statique.*

» Ajoutons que ce résultat s'annonce à l'avance comme étant incomparablement plus facile à constater avec le caoutchouc qu'avec le muscle. Le premier, en effet, est à la température ambiante au moment où on lui fait faire son travail, positif ou négatif, par allègement ou restitution de la charge. C'est une excellente condition pour constater les plus légères différences introduites par le travail mécanique dans la température du caoutchouc. Le muscle en état de contraction statique, au contraire, se trouve déjà échauffé par le travail intérieur, quand le travail extérieur intervient; celui-ci diminue ou accroît cet échauffement : c'est d'une constatation plus difficile, surtout quand on agit sur le muscle isolé mis en état de contraction statique par une brève tétanisation.

» Il est rare, en effet, qu'on reproduise toujours exactement le même échauffement dans deux tétanisations successives. L'appréciation de très faibles différences introduites dans cet échauffement par les travaux mécaniques intercurrents devient ainsi très aléatoire.

» Malgré ces difficultés, les expériences comparatives permettent d'obtenir des résultats assez nets pour montrer que, *dans le muscle en contraction statique, comme dans le boudin de caoutchouc, le travail positif* « *prend* » *de la chaleur au tissu qui en est l'agent et que le travail négatif en* « *donne* », *au contraire, à ce tissu.* »

M. A. Chauveau fait hommage à l'Académie d'une brochure contenant un court Mémoire tiré des *Archives de Physiologie normale et pathologique* (janvier 1897) : *Critique des expériences de Hirn sur la Thermodynamique et le travail chez les êtres vivants. Comment elles auraient dû être instituées pour aboutir à des conclusions exactes sur la valeur de l'énergie que le travail mécanique* « *prend* » *ou* « *donne* » *aux muscles, suivant qu'il est positif ou négatif.*

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les relations exprimant que les divers coefficients considérés en Thermodynamique satisfont à la loi des états correspondants.* Note de M. **E.-H. Amagat.**

« Lorsque deux substances satisfont à la loi des états correspondants, de telle sorte que leurs réseaux puissent être rendus superposables, leurs divers coefficients (coefficients de dilatation, de compressibilité, chaleurs latentes de vaporisation, etc.) satisfont aussi à certaines relations de correspondance qui constituent des formes très intéressantes de la loi; plusieurs de ces relations ont été établies par Van der Waals ou par d'autres savants, et l'on peut se proposer d'en établir bien d'autres encore.

» I. Je rappellerai d'abord que l'équation de Van der Waals et, en général, toute caractéristique ayant même nombre de coefficients que de variables, possède une infinité de réduites; on peut prendre pour unités non seulement les quantités critiques, mais encore celles de points correspondants quelconques; c'est ce qu'ont montré, sous des formes différentes, M. P. Curie et M. Meslin.

» Il est facile de déduire ce résultat du fait de la coïncidence des réseaux, d'une façon purement géométrique et sans se préoccuper d'aucune forme de l'équation caractéristique.

» Considérons, en effet, les réseaux R et R′ de deux substances, rapportés aux coordonnées p et v. Si ces réseaux peuvent être amenés à la coïncidence pour des réductions de R rendant, par exemple, les abscisses m fois et les ordonnées n fois plus petites, et des réductions de R′ rendant les abscisses m' fois et les ordonnées n' fois plus petites, cela voudra dire qu'on a pris pour unités l'abscisse de valeur m et l'ordonnée de valeur n d'un certain point A du réseau R, l'abscisse m' et l'ordonnée n' d'un point A′ du réseau R′.

» Pendant la coïncidence, les points A et A′ sont superposés, et il en est de même de deux autres points B et B′, dont les abscisses étaient Km et Km', et les ordonnées Hn et Hn' avant la réduction des réseaux, car ces deux points ont actuellement même abscisse K et même ordonnée H.

» Or si, au lieu de prendre pour unités les coordonnées m, n, m', n' de A et A′, on eût pris les coordonnées Km, Km', Hn, Hn' de B et B′, les réseaux eussent simplement été contractés K fois plus dans le sens des abscisses et H fois plus dans le sens des ordonnées; on eût donc encore obtenu une coïncidence.

» On peut donc arriver à la coïncidence en prenant pour unités les coordonnées de deux points correspondants quelconques.

» Il résulte de là que, si l'on prend dans le réseau R deux points quelconques (p, v), (p_1, v_1) et dans le réseau R′ deux points correspondants

$(p', v'), (p'_1, v'_1)$, on aura

$$(1)\qquad \frac{p}{p_1} = \frac{p'}{p'_1} \quad \text{et} \quad \frac{v}{v_1} = \frac{v'}{v'_1}.$$

D'autre part, d'après le théorème que j'ai généralisé (Note du 13 juillet 1896), en m'appuyant seulement sur le fait de coïncidence des réseaux, on peut écrire

$$(2)\qquad \frac{pv}{T} = k\frac{p'v'}{T'}, \quad \frac{p_1v_1}{T_1} = k\frac{p'_1v'_1}{T'_1};$$

k étant un facteur qui devient égal à l'unité, si les réseaux sont pour chaque corps rapportés aux poids moléculaires. Des relations (1) et (2), on tire facilement

$$(3)\qquad \frac{T}{T_1} = \frac{T'}{T'_1}.$$

» II. Les coefficients, dont nous avons à nous occuper, sont des fonctions homogènes des variables p, v, t.

» Soient

$$p^m \quad v^n \quad t^s$$

les dimensions d'un de ces coefficients, C et C' les valeurs qu'il a en deux points correspondants $(p, v), (p', v')$ des réseaux de deux substances susceptibles d'être amenés à la coïncidence par un choix convenable d'unités, nous aurons

$$C = f(p, v, t), \qquad C' = f(p', v', t').$$

La fonction f étant homogène, on peut écrire

$$f\left(\frac{p}{p_1}, \frac{v}{v_1}, \frac{t}{t_1}\right) = \frac{f(p, v, t)}{p_1^m v_1^n t_1^s} = \frac{C}{p_1^m v_1^n t_1^s},$$
$$f\left(\frac{p'}{p'_1}, \frac{v'}{v'_1}, \frac{t'}{t'_1}\right) = \frac{f(p', v', t')}{p_1'^m v_1'^n t_1'^s} = \frac{C'}{p_1'^m v_1'^n t_1'^s}.$$

» Par suite, si $(p_1, v_1, t_1), (p'_1, v'_1, t'_1)$ sont deux points correspondants, on pourra, en tenant compte des relations (1) et (3), écrire

$$(4)\qquad \frac{C}{C'} = \frac{p_1^m v_1^n t_1^s}{p_1'^m v_1'^n t_1'^s}.$$

» D'autre part, si C_1 et C'_1 sont les valeurs du même coefficient aux deux points correspondants $(p_1, v_1, t_1), (p'_1, v'_1, t'_1)$, nous aurons, puisque

la fonction f est homogène :

$$C_1 = f(p_1, v_1, t_1) = f(p, v, t)\left(\frac{p_1}{p}\right)^m \left(\frac{v_1}{v}\right)^n \left(\frac{t_1}{t}\right)^s,$$

$$C'_1 = f(p'_1, v'_1, t'_1) = f(p', v', t')\left(\frac{p'_1}{p_1}\right)^m \left(\frac{v'_1}{v_1}\right)^n \left(\frac{t'_1}{t_1}\right)^s,$$

et, par suite, en tenant compte des relations (1) et (3) :

(5) $$\frac{C_1}{C'_1} = \frac{f(p, v, t)}{f(p', v', t')} = \frac{C}{C'}.$$

» Cette relation, comme on le voit, est tout à fait analogue à celles qui existent relativement aux mêmes points des deux réseaux pour les pressions, les volumes et les températures, c'est-à-dire aux relations (1) et (3).

» En groupant les relations (4) et (5) et en tenant compte de ce que les points (p_1, v_1, t_1) et (p'_1, v'_1, t'_1) étant des points correspondants quelconques peuvent être les points (p, v, t) et (p', v', t') eux-mêmes, on aura finalement les relations

(6) $$\frac{C}{C'} = \frac{C_1}{C'_1} = \frac{p_1^m v_1^n t_1^s}{p_1'^m v_1'^n t_1'^s} = \frac{p^m v^n t^s}{p'^m v'^n t'^s}.$$

» En y joignant les relations (2) sous la forme

(7) $$\frac{pv}{T} = \frac{p'v'}{T'}, \qquad \frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p'_1 v'_1}{T_1},$$

les égalités (6) et (7) permettront d'écrire, de suite, toutes les formes des relations exprimant qu'un coefficient quelconque C satisfait à la loi des états correspondants, les volumes se rapportant aux poids moléculaires.

» III. *Exemples*. — Soit la chaleur latente moléculaire de vaporisation

$$\lambda M = A T(u' - u)\frac{dp}{dt},$$

dont les dimensions sont p, v (v étant rapporté au poids moléculaire). On écrira de suite

$$\frac{M\lambda}{M'\lambda'} = \frac{M\lambda_1}{M'\lambda'_1} = \frac{p_1 v_1}{p'_1 v'_1} = \frac{pv}{p'v'} = \frac{T_1}{T'_1} = \frac{T}{T'}.$$

» En particulier, les deux relations

$$\frac{M\lambda}{M'\lambda'} = \frac{T_1}{T'_1} \quad \text{et} \quad \frac{M\lambda}{M'\lambda'} = \frac{T}{T'}$$

sont : la première celle qui a été donnée par Van der Waals (T_1 et T'_1 se

rapportant aux points critiques), la seconde celle à laquelle a été conduit, par une voie différente, M. Darzens dans un récent travail.

» On écrira de suite : pour le coefficient de compressibilité α sous pression constante

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\alpha_1}{\alpha'_1} = \frac{T'_1}{T_1} = \frac{T'}{T} = \frac{p'_1 v'_1}{p_1 v_1} = \frac{p' v'}{p v};$$

pour le coefficient de compressibilité cubique μ

$$\frac{\mu}{\mu'} = \frac{\mu_1}{\mu'_1} = \frac{p'_1}{p_1} = \frac{p'}{p} = \frac{T_1 v'_1}{T'_1 v_1} = \frac{T v'}{T' v}.$$

» Van der Waals a donné, pour ces deux coefficients, les relations

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{T'_1}{T'} \quad \text{et} \quad \frac{\mu}{\mu'} = \frac{p'_1}{p_1},$$

T'_1, T', p'_1 et p_1 se rapportant aux points critiques.

» Le coefficient de dilatation sous volume constant β, qui a la même dimension T^{-1} que α, donne les mêmes relations que ce dernier; il en résulte qu'on a également la relation

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\beta}{\beta'}.$$

» Le coefficient angulaire des isothermes (ε) conduit de suite à

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon'_1} = \frac{v_1}{v'_1} = \frac{v}{v'} = \frac{p' T}{p T'} = \frac{p'_1 T_1}{p_1 T_1} \cdots$$

On traiterait de même la différence $(C - c)$ des deux chaleurs spécifiques, qui a pour dimensions $\frac{pv}{T}$, les pressions intérieures, etc.

» Les relations relatives aux volumes spécifiques des liquides et des vapeurs à saturation ainsi que des tensions maxima, résultent de suite de la superposition des réseaux, qui entraîne la coïncidence des courbes de saturation; elles sont données de suite, comme pour tous les points des réseaux, par les relations (1) et (3).

» IV. Les considérations qui précèdent ne sont évidemment point applicables aux quantités de chaleur ni à leurs variations, puisque celles-ci ne sont point définies en chaque point du réseau par une fonction des variables p, v, t, dq n'étant point différentielle exacte; mais il n'en est plus de même de l'entropie dont les variations sont définies; on conçoit donc que ces variations satisfassent à la loi des états correspondants; c'est, en effet, ce qu'a récemment montré M. Darzens, par des considérations toutes différentes, pour les corps de constitution moléculaire semblable, c'est-à-dire à la condition de former des groupes. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de 1897.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Francœur. — MM. Darboux, Hermite, J. Bertrand, Poincaré, Picard.

Prix Poncelet. — MM. Hermite, J. Bertrand, Darboux, Poincaré, Sarrau.

Prix extraordinaire de six mille francs. — MM. de Bussy, Guyou, de Jonquières, Sarrau, Bouquet de la Grye.

Prix Montyon (Mécanique). — MM. Maurice Lévy, Boussinesq, Sarrau, Léauté, Sebert.

Prix Plumey. — MM. de Bussy, Sarrau, Guyou, Maurice Lévy, Marcel Deprez.

Prix Lalande (Astronomie). — MM. Faye, Wolf, Lœwy, Callandreau, Janssen.

Prix Valz (Astronomie). — MM. Lœwy, Faye, Callandreau, Wolf, Janssen.

Prix La Caze (Physique). — MM. Bertrand, Berthelot, Cailletet sont adjoints aux Membres de la Section de Physique.

Prix Montyon (Statistique). — MM. Haton de la Goupillière, de Jonquières, J. Bertrand, de Freycinet, Rouché.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **D.-A. Casalonga** adresse une Note « Sur la formation et le sens de la rotation des planètes ».

(Commissaires : MM. Faye, Wolf.)

M. **Chalamand** adresse un Mémoire relatif à diverses questions d'Électricité.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle.)

M. **C. Mestre** adresse une Note « Sur l'emploi de l'acide carbonique dans le soutirage des vins cassés. »

(Commissaires : MM. Schlœsing, Arm. Gautier, Duclaux.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Volume de M. *Adolphe Minet* sur « l'aluminium et ses alliages », faisant suite à un premier Volume où l'auteur avait traité l'électrométallurgie de l'aluminium.

2° Un Volume de M. *C. de Perrodil* intitulé « Le carbure de calcium et l'acétylène; les fours électriques ». (Présenté par M. Moissan.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes de surfaces orthogonales et isothermes.* Note de M. **A. Pellet**.

« Soit $H^2 d\rho^2 + H_1^2 d\rho_1^2 + H_2^2 d\rho_2^2$ le carré de l'élément linéaire de l'espace, rapporté à trois familles de surfaces de paramètres ρ, ρ_1, ρ_2, se coupant orthogonalement.

» Prenons pour axes de coordonnées les normales aux surfaces qui passent par le point (ρ, ρ_1, ρ_2). La surface ρ_2 a pour équation

$$z = \frac{1}{2H_2}\left(\frac{H'\rho_2}{H}x^2 + \frac{H'_1\rho_2}{H_1}y_2\right) + \frac{1}{6}\left[\frac{x^3}{H}\frac{\partial}{\partial\rho}\frac{H'\rho_2}{HH_2} + 3\frac{x^2y}{H_1}\frac{\partial}{\partial\rho_1}\frac{H'\rho_2}{HH_2} + 3\frac{xy^2}{H}\frac{\partial}{\partial\rho}\frac{H'_1\rho_2}{H_1H_2} + \frac{y^3}{H_1}\frac{\partial}{\partial\rho_1}\frac{H'_1\rho_2}{H_1H_2}\right] + \ldots,$$

en remarquant que les courbures principales de cette surface sont les courbures géodésiques de ses lignes de courbure sur les surfaces ρ_1 et ρ

(voir ma Note du 1er mars 1897). Pour les valeurs

$$H^2 = (f - f_1)(f_2 - f),$$
$$H_1^2 = (f - f_1)(f_1 - f_2),$$
$$H_2^2 = (f_2 - f)(f_1 - f_2),$$

f étant une fonction de la seule variable ρ, f_1 de ρ_1 et f_2 de ρ_2, cette expression de z devient

$$z = \frac{f_2'}{4H_2}\left(\frac{x^2}{f_2 - f} - \frac{y^2}{f_1 - f_2}\right) + \frac{f_2'}{8\sqrt{HH_1H_2}}\left(\frac{x^2}{f_2 - f} - \frac{y^2}{f_1 - f_2}\right)\left[\frac{xf'}{(f_2 - f)^{\frac{3}{2}}} - \frac{yf_1'}{(f_1 - f_2)^{\frac{3}{2}}}\right] + \ldots.$$

» Il en résulte que les surfaces sont du second degré et homofocales, et la forme des fonctions f, f_1, f_2 est déterminée.

» Si les familles de surfaces sont isothermes, les fonctions H, H_1, H_2 ont respectivement pour valeurs Q_1Q_2, Q_2Q, QQ_1, Q étant indépendant de ρ, Q_1 de ρ_1 et Q_2 de ρ_2 (Lamé, *Leçons sur les coordonnées curvilignes*, Ve Leçon). Les fonctions Q satisfont à deux groupes de trois équations. Les équations du premier groupe se déduisent de la suivante par permutation des indices 0 et 2, 0 et 1 :

$$Q\frac{\partial Q_2}{\partial \rho_1}\frac{\partial Q_1}{\partial \rho_2} = Q_1\frac{\partial Q_2}{\partial \rho_1}\frac{\partial Q}{\partial \rho_2} + Q_2\frac{\partial Q_1}{\partial \rho_2}\frac{\partial Q}{\partial \rho_2};$$

pour simplifier, on n'a pas écrit l'indice 0. De ces trois équations, on en déduit trois autres du type

$$\frac{\partial^2 l.Q}{\partial \rho_1 \partial \rho_2} = k\frac{\partial l.Q}{\partial \rho_1}\frac{\partial l.Q}{\partial \rho_2},$$

k étant une constante. D'où résulte, pour le système intégral des équations du premier groupe,

$$Q = (f_1 - f_2)^k, \qquad Q_1 = (f_2 - f)^k, \qquad Q_2 = (f - f_1)^k,$$

f ne dépendant que de ρ, f_1 de ρ_1 et f_2 de ρ_2.

» Les équations du second groupe sont du type

$$\frac{\partial}{\partial \rho_1}\left(\frac{Q_1}{Q_2 Q}\frac{\partial Q_2}{\partial \rho_1}\right) + \frac{\partial}{\partial \rho}\left(\frac{Q}{Q_1 Q_2}\frac{\partial Q_2}{\partial \rho}\right) + \frac{Q_2^2}{Q^2 Q_1^2}\frac{\partial Q}{\partial \rho_2}\frac{\partial Q_1}{\partial \rho_2} = 0.$$

» En y substituant aux Q les valeurs précédentes, on obtient trois équa-

tions du premier degré par rapport aux dérivées secondes des fonctions f, f_1, f_2, qui ne sont compatibles que si la quantité

$$(2k-1)[(f_2-f)^{2k+2}f_1'^2+(f_1-f_2)^{2k+2}f'^2+(f-f_1)^{2k+2}f_2'^2]$$

est nulle; d'où

$$k=\tfrac{1}{2},$$

et, d'après ce qui a été dit au début, les surfaces sont du second degré et homofocales (théorème de Lamé). La condition $k=\frac{1}{2}$ équivaut à la relation, établie par Bonnet, entre les courbures principales des surfaces (*Journal de l'École Polytechnique*, XXX[e] Cahier; 1845). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode des approximations successives de M.* Picard. Note de M. S. **Zaremba**, présentée par M. E. Picard.

« L'extension de la méthode des approximations successives de M. Picard (*Journal de Liouville*, 4[e] série, t. VI) aux équations aux dérivées partielles à trois variables indépendantes pouvant se mettre sous la forme

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}=f\left(x,y,z,\frac{\partial\varphi}{\partial x},\frac{\partial\varphi}{\partial y},\frac{\partial\varphi}{\partial z},\varphi\right)$$

dépend de trois théorèmes que l'on peut énoncer ainsi ([1]) :

» Soit $G(x,y,z,\xi,\eta,\zeta)$ la fonction de Green relative à une surface fermée (S). Posons

$$\rho=(x-\xi)^2+(y-\eta)^2+(z-\zeta)^2$$

et

$$G(x,y,z,\xi,\eta,\zeta)=\frac{1}{\rho}-v.$$

» 1° On a, en désignant par Dv la dérivée première de la fonction v prise par rapport à l'une des variables x, y ou z,

$$|Dv|<\frac{A}{\rho^2},$$

A étant une constante positive dépendant uniquement de la nature de la

([1]) Je me suis déjà occupé de cette extension dans le *Bulletin de la Société mathématique* (1896), où j'ai indiqué le premier des théorèmes qui suivent; voir aussi au sujet de cette extension un travail de M. Picard (*Journal de Mathématiques*, 1896).

surface (S) et ne croissant pas indéfiniment lorsque l'étendue de cette surface décroît indéfiniment suivant une loi convenable.

» 2° Si l'on désigne par $D_2 v$ une des dérivées secondes de la fonction v, prise par rapport aux variables x, y et z, on aura

$$|D_2 v| < \frac{B}{\rho^2},$$

la constante B jouissant des propriétés analogues à celles dont jouit la constante A.

» 3° L'intégrale

$$\iiint D_2 v \, d\xi \, d\eta \, d\zeta,$$

étendue à tout le domaine limité par la surface (S) ne dépasse jamais en valeur absolue une constante positive C dépendant uniquement de la nature de la surface (S).

» J'ai déjà eu l'occasion de démontrer le premier de ces trois théorèmes dans un article rappelé plus haut, mais je me suis borné alors au cas d'une surface convexe.

» Je me suis assuré depuis que l'on peut aisément établir chacun des théorèmes précédents, en supposant seulement que la surface (S) admette en chacun de ses points un plan tangent déterminé, qu'elle soit simplement connexe et qu'elle jouisse, en outre, de la propriété suivante : prenons pour origine des coordonnées un point quelconque O situé sur la surface (S) et pour axe des z la normale en O, et soit

$$z = F(x, y)$$

l'équation de la surface dans le voisinage du point O ; nous supposerons que la fonction $F(x, y)$ admet les dérivées finies et déterminées jusqu'au troisième ordre inclusivement pour toutes les valeurs de x et y satisfaisant à l'inégalité

$$x^2 + y^2 < \delta^2,$$

la longueur δ étant indépendante de la position du point O sur la surface (S).

» La démonstration des théorèmes qui nous occupent repose sur ce fait, que la fonction v, regardée comme fonction des trois variables x, y et z peut être considérée comme le potentiel d'une couche simple répandue sur la surface (S). Envisagée ainsi, la fonction v existe dans tout l'espace et

elle est égale à $\frac{1}{\rho}$ à l'extérieur de la surface (S). On peut déduire de là que la densité de la couche donnant naissance au potentiel φ admet des dérivées premières sur la surface (S) et arriver ensuite au but en dirigeant convenablement la comparaison des dérivées du potentiel φ à l'intérieur de la surface S avec les dérivées de la même fonction à l'extérieur de cette surface. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décharge par étincelle et le fonctionnement de l'excitateur de Hertz.* Note de M. **Swyngedauw**, présentée par M. Lippmann.

« La résistance de l'étincelle, si elle peut être considérée comme une résistance de corps mauvais conducteur, dépend de la longueur, la section, la température (dont elle est fonction décroissante) et de la nature du conducteur lumineux qui constitue l'étincelle.

» Dans la décharge d'un condensateur dans un circuit métallique déterminé interrompu par une étincelle, pour que la résistance totale du circuit atteigne la valeur critique au-dessous de laquelle les oscillations deviennent possibles, il faudra dépenser une quantité d'énergie w bien déterminée pour échauffer l'étincelle à la température θ qui correspond à cette résistance critique.

» Cette quantité w peut être supérieure ou inférieure à l'énergie potentielle initiale W du condensateur.

» Si $w < W$, les oscillations sont possibles; si $w > W$, les oscillations sont impossibles, W étant donné par la relation $W = \frac{1}{2}CV^2$, où C est la capacité du condensateur, V le potentiel auquel on l'a chargé.

» Si on laisse V constant et que l'on diminue, d'une façon continue, la capacité du condensateur, il arrive un moment où W sera inférieur à w, de sorte que *la décharge d'un condensateur oscillatoire, pour les grandes capacités, deviendra continue pour des capacités suffisamment faibles;* c'est une conséquence contraire à celle que l'on déduit de la théorie de Thomson, où l'on suppose la résistance constante.

» L'excitateur de Hertz est un condensateur de faible capacité; les considérations précédentes lui sont applicables.

» Une décharge isolée de l'excitateur de Hertz ne présente pas de caractère oscillatoire. Pour que les décharges du vibrateur exercent une action

sensible sur un résonateur, il faut qu'elles se succèdent avec une certaine fréquence et que l'appareil soit en activité depuis un certain temps. Ces faits se conçoivent très bien si l'on admet que la température de l'étincelle doit dépasser une certaine valeur θ pour que les oscillations soient possibles.

» Cette température θ, qui n'est pas atteinte dans une décharge isolée où la température initiale de l'étincelle est la température ordinaire, pourra être dépassée si l'appareil fonctionne avec une fréquence et depuis un temps suffisants pour que la température initiale de l'étincelle dépasse la température ordinaire d'une quantité telle que, dans chaque décharge, l'étincelle atteigne une température supérieure à θ [1].

» On s'explique de la même façon certaines expériences dans lesquelles on fait perdre à la décharge de l'excitateur le caractère oscillatoire en recouvrant les pôles d'une mince couche d'eau [2], ou en allongeant la distance explosive sous l'action de la lumière ultra-violette [3], ou en prenant pour pôles des surfaces à trop forte courbure [4], ce qui revient en somme à augmenter w sans augmenter dans la même proportion W.

» Supposons maintenant l'excitateur de Hertz placé et excité dans des conditions telles que sa décharge soit oscillatoire. Quelle est la nature de ces oscillations?

» Si l'on se rappelle qu'une décharge isolée de l'excitateur de Hertz ne présente pas de caractère oscillatoire, il est probable que, même avec un excitateur fonctionnant très bien, la résistance totale du circuit du vibrateur ne tombe au-dessous de la résistance critique qui permet les oscillations qu'après la dépense d'une fraction assez notable de l'énergie de chaque décharge.

» Désignons par R_c la résistance critique définie par la relation

$$\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} = 0,$$

où R, L, C sont la résistance, la self-induction et la capacité du vibrateur;

---

(1) Hertz expliquait le fonctionnement de son excitateur par des raisonnements analogues (*Ausbreitung electrischer Kraft*, p. 42), mais il attribuait un rôle plus considérable à la bobine de Ruhmkorff.

(2) Töplers, *Wied. Ann.*, t. XLVI, p. 465.

(3) E. Wiedemann et Ebert, *Wied. Ann.*, t. XLIX, p. 13.

(4) Hertz, *Wied. Ann.*, t. XXXI, p. 421, et *Ausbreitung electrischer Kraft*, p. 35.

soit R_n la résistance au-dessous de laquelle le terme $\frac{R^2}{4L^2}$ est négligeable devant $\frac{1}{LC}$.

» Pendant que la résistance passe de la valeur R_c à la valeur R_n, la période d'oscillation ([1]), définie par la relation $T = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$, passe d'une valeur infinie à la valeur normale $T = \pi\sqrt{LC}$.

» Il est probable que, pendant cette durée, la décharge de l'excitateur a exécuté plusieurs oscillations, en raison même de la faible capacité et de la très petite période d'oscillation T_n du vibrateur.

» Si, dans cette décharge à résistance variable, on appelle *période* la durée qui sépare deux zéros consécutifs de l'intensité, on pourra énoncer ce résultat : *Dans chaque décharge, l'excitateur de Hertz émet successivement des vibrations de périodes décroissantes jusqu'à la période normale* $T_n = \pi\sqrt{LC}$.

» Ces considérations précisent une opinion de MM. Sarasin et de la Rive ([2]), d'après laquelle l'excitateur émettrait un spectre de vibrations de périodes différentes.

» Ces auteurs avaient émis cette idée pour expliquer la *résonance multiple* et le fonctionnement du résonateur. Depuis, M. H. Poincaré ([3]) et M. Bjerkness ([4]) ont donné la théorie de ce phénomène, en supposant que la vibration de l'excitateur a une forme pendulaire très amortie.

» Si certains faits ne cadrent pas entièrement avec cette théorie, c'est que l'hypothèse faite sur le mouvement de l'électricité dans le vibrateur ne correspond pas entièrement à la réalité; les considérations précédentes montrent dans quel sens il faut la généraliser. »

ÉLECTRICITÉ. — *De l'action de l'effluve électrique sur les gaz.* Note de M. **Émile Villari**, présentée par M. Mascart.

« Lorsque les gaz sont traversés par les rayons X ou par des étincelles électriques, ils acquièrent la propriété de décharger les conducteurs électrisés, peut-être à cause d'une dissociation partielle de leurs molécules.

([1]) Cette formule n'est pas rigoureusement vraie pour les circuits à résistance variable (voir Petrovich, *Comptes rendus*, p. 452; mars 1897).

([2]) *Arch. des Sc. physiques de Genève*, t. XXIII, p. 113.

([3]) *Électricité et Optique*, Carré, éditeur, 1891.

([4]) *Wied. Ann.*, t. XLIV, p. 75.

» L'effluve électrique des ozonateurs, qui condense l'oxygène en ozone, ne communique pas cette propriété aux gaz ; et peut-être semble-t-il même, par quelques expériences faites, que l'air ozoné est moins apte que l'air ordinaire à subir l'influence des rayons X.

» Un gaz activé par les rayons ou par les étincelles perd la propriété de décharger les conducteurs, quand on le fait passer par un ozonateur en activité. Cette propriété neutralisante de l'ozonateur ne cesse point en même temps que l'effluve cesse pour lui; mais elle y persiste pour un certain temps, comme une activité *résiduelle*. Elle est sensible sur les gaz activés par les rayons X, même deux heures après que l'effluve a été interrompue dans l'ozonateur ; sur les gaz activés par les étincelles, cette vertu résiduelle persiste jusqu'à sept à huit minutes après que l'effluve a cessé.

» La propriété neutralisante de l'ozonateur est due aux charges électriques, que l'effluve accumule sur le verre et qui se dispersent lentement. Ces charges peuvent être observées au moyen des belles figures qui se produisent quand on souffle les poudres électroscopiques sur les faces intérieures d'un ozonateur, fait avec des lames de verre ou mieux encore des feuilles d'ébonite, après qu'il a été chargé par l'effluve.

» La durée de la propriété résiduelle croît, peut-être, jusqu'à une certaine limite avec le nombre des étincelles ou avec la durée de l'effluve qui a chargé l'ozonateur; elle diminue, plus ou moins, soit avec des étincelles contraires à celles de la charge, soit quand on le réchauffe fortement, à l'intérieur ou à l'extérieur, avec une flamme à gaz. Cette activité résiduelle peut se communiquer à un tube de verre, en le chargeant à l'intérieur avec une électrode d'un grand rochet en activité.

» On sait que les gaz qui se dégagent d'une flamme ont la propriété de décharger les corps électrisés. De mes expériences à cet égard, il résulte encore :

» Que les produits de combustion d'une carcel, refroidis par un long réfrigérant, ne perdent qu'en partie la propriété de disperser les charges;

» Que cette propriété est annulée quand l'air brûlé, refroidi ou non, passe par un ozonateur en activité;

» Que la propriété résiduelle de l'ozonateur n'est pas appréciable sur les produits chauds de la combustion, et qu'elle dure peu de secondes sur les produits refroidis;

» Que la propriété neutralisante d'un ozonateur peut être complète sur une petite flamme, et incomplète sur une grande; et que, de plus, cette propriété diminue avec la diminution de l'intensité de l'effluve.

» Les expériences ont été presque toutes faites avec une lampe Carcel, et quelques-unes avec une flamme circulaire à gaz, pourvues de leurs cheminées en verre. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des hautes températures sur le peroxyde d'antimoine*. Note de M. H. **Baubigny**, présentée par M. Troost.

« J'ai montré, dans une précédente Note ([1]), que le produit de la décomposition de l'acide antimonique, par l'action *seule* de la chaleur, était du peroxyde d'antimoine parfaitement stable, si l'on opérait à une température un peu inférieure à celle où fond l'argent. Il me reste à faire voir aujourd'hui que si l'on élève la température, même sans atteindre celle de fusion de l'or, l'acide hypoantimonique se décompose à son tour en oxygène et acide antimonieux volatil.

» Le dispositif adopté étant toujours le même, on fit dans la semelle portant la nacelle deux petits godets, et l'on mit dans l'un du fil d'or et dans l'autre du fil d'argent. Quant à la nacelle, elle renfermait $0^{gr},9647$ de peroxyde d'antimoine Sb^2O^4 d'une opération antérieure, et dont la composition avait été contrôlée par l'analyse sur une prise d'essai.

» Le chauffage fut alors réglé de façon à augmenter progressivement la température jusqu'à faire fondre l'argent, et maintenu dans ces conditions pendant une heure. Il va de soi que la température a pu être et a même été légèrement supérieure à celle de fusion de l'argent, mais en tout cas elle était demeurée nettement inférieure à celle de fusion de l'or, dont le fil témoin était resté inaltéré.

» La pesée donna $0^{gr},957$, soit une perte de $0^{gr},0077$.

» Le produit remis en expérience fut alors porté à une température un peu plus élevée, ce que permet facilement un robinet de réglage pour le débit du gaz. Après une heure de calcination, la pesée accusa cette fois une perte de poids plus forte, puisque l'oxyde s'était réduit à $0^{gr},9141$; d'ailleurs le fil d'or, sans avoir perdu sa forme, était légèrement adhérent à la semelle en terre et sa surface était devenue rugueuse, comme s'il avait subi un suintement.

» Dans un dernier essai, cet oxyde fut enfin soumis à l'action d'une température nettement supérieure à celle de fusion de l'or, constatation facile, grâce au fil témoin. On vit alors le tube se remplir de vapeurs épaisses, et après une heure de ce chauffage énergique la nacelle ne renfermait plus que $0^{gr},0598$ de matière, soit une perte de 93,4 pour 100 par rapport à la pesée précédente. En outre, de chaque côté de la nacelle, le tube, sur sa paroi intérieure, était recouvert d'un amas annulaire de fines

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 499.

aiguilles cristallines ayant l'aspect des fleurs argentines d'antimoine, tandis que, au delà, sur les parties plus froides, se trouvait une poudre blanche, peu adhérente.

» En utilisant la réaction différentielle donnée par Bunsen (¹) pour l'acide antimonieux et le peroxyde d'antimoine, il a été facile de reconnaître que le produit distillé était Sb^2O^3. En effet Sb^2O^4 se dissout dans une solution chlorhydrique d'iodure de potassium en mettant de l'iode en liberté, l'acide iodhydrique agissant comme réducteur sur le peroxyde, tandis que l'acide antimonieux se dissout purement et simplement. Or le composé d'antimoine, qui s'est déposé sur le tube, ne donne qu'une quantité très minime d'iode, due à la réoxydation superficielle de l'acide antimonieux, phénomène constant quand on le chauffe à l'air.

» Dans une seconde expérience, pour parer à toute objection, je me suis servi d'une double enveloppe, en disposant le tube dans un autre plus large qui servait de manchon, et où il reposait à l'aide de deux petits tampons d'amiante, pour empêcher tout contact entre eux. De la sorte, l'air pouvait aussi circuler librement dans l'espace annulaire. En outre je me suis mis en garde contre toute imperfection du tube intérieur, où se met la nacelle, en vérifiant qu'il était capable de tenir le vide avant et après l'expérience.

» Le peroxyde d'antimoine et le fil d'or témoin introduits dans l'appareil, on a chauffé assez fort pour faire fondre l'or, les deux extrémités des tubes étant librement ouvertes à l'accès de l'air. Comme j'avais légèrement incliné le système des deux tubes, de façon à y établir un courant d'air pendant la calcination, je vis cette fois sortir d'abondantes fumées blanches et il n'y eut que peu de matière condensée dans les parties froides de l'appareil. Néanmoins, la petite quantité, qui se déposa, permit encore de caractériser le dépôt, grâce à la réaction de Bunsen, comme formé presque totalement par de l'acide antimonieux.

» Quant au peroxyde d'antimoine, il n'en restait plus qu'une fraction minime dans la nacelle; soit $0^{gr},0204$ pour un poids initial de $1^{gr},1075$ Sb^2O^4. La perte avait donc été de 98,2 pour 100, pour une durée de une heure de chauffe environ. Le peroxyde provenait d'une opération précédente.

» En résumé, l'expérience prouve que l'acide antimonique Sb^2O^5 est stable à 357°; qu'à 440° il commence déjà à se décomposer, très lentement toutefois, et même lentement encore au rouge naissant. Ce n'est que vers 750°-800° que l'acide antimonique se transforme assez vite en peroxyde d'antimoine Sb^2O^4, qui lui est stable à cette température. Mais, si l'on chauffe davantage, l'acide hypoantimonique se décompose à son tour, déjà peut-être à la température de fusion de l'argent, mais sûrement en

(¹) *Annalen Chem. und Pharm.*, t. CVI, p. 3; 1858.

tous cas un peu au-dessus, et bien avant celle de fusion de l'or, à laquelle la décomposition en oxygène et acide antimonieux volatil devient alors assez rapide.

» Le peroxyde d'antimoine ne saurait donc être considéré comme un corps fixe, puisque l'action seule de la chaleur le décompose. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du tannin et d'autres dérivés aromatiques sur quelques alcaloïdes et urées composées.* Note de M. **Œchsner de Coninck.**

« Dans une précédente Note, j'ai fait connaître l'action du tannin sec sur quelques alcaloïdes purs ou en solutions aqueuses, et j'ai montré les conditions principales de cette action [1]. Il me reste à étudier l'action du tannin, sec ou dissous dans l'alcool et dans l'éther, sur les solutions alcooliques éthérées des mêmes alcaloïdes.

» I. J'introduis un peu de tannin sec dans une solution alcoolique de pyridine (alcool absolu, 1^{cc}; pyridine, 1^{cc}) : pas de précipité; le tannin se dissout partiellement. Je remplace le tannin sec par une solution alcoolique et je mélange celle-ci avec la solution alcoolique de pyridine : pas de précipité. Si, à ce mélange, j'ajoute quelques gouttes d'eau distillée, il se produit, au fond du tube à essai, un précipité blanc; si je verse dans la liqueur un excès d'eau distillée, tout précipite en blanc. Cela montre bien le rôle prépondérant de l'eau dans la précipitation par le tannin.

» II. Je répète les mêmes expériences avec une solution alcoolique renfermant les mêmes proportions d'alcool et de pipéridine; le tannin sec ne produit pas de précipité, mais donne une coloration vert-émeraude. La solution alcoolique de tannin donne naissance à un précipité immédiat (ce qui distingue nettement la pyridine et la pipéridine).

» III. Dans une solution éthérée de pyridine (éther, 1^{cc}; pyridine, 1^{cc}), j'introduis un peu de tannin sec; pas de précipité; le tannin se dissout en grande partie. Au lieu de tannin solide, j'ajoute une solution éthérée : pas de précipité; si, alors, j'ajoute de l'eau, le précipité blanc apparaît.

» Je répète l'expérience avec une solution éthérée semblable de pipéridine; le tannin sec ne se dissout que lentement dans cette solution; il n'y a pas de précipité. Dès que l'on ajoute la solution éthérée de tannin, il y a précipitation.

---

[1] J'ai dit, dans cette Note, que le mélange de deux solutions aqueuses était nécessaire pour qu'il y eût précipitation. On peut varier le mode opératoire, en versant une solution aqueuse concentrée de tannin dans de la pyridine ou de la pipéridine pures; mais cela revient à mélanger deux solutions : 1° à cause de l'extrême miscibilité de ces deux bases avec l'eau; 2° à cause de leurs propriétés éminemment hygroscopiques.

» IV. J'ai indiqué, dans ma dernière Note, le moyen de distinguer la pyridine d'avec la pipéridine, au moyen d'une solution aqueuse de tannin. On peut différentier ces deux bases encore plus rapidement, avec des solutions aqueuses d'acides-phénols et de phénols.

» *Réaction avec l'acide gallique :* Dans un verre à pied, j'introduis quelques gouttes de pyridine, puis 150^{cc} d'eau distillée, j'agite et je verse quelques gouttes d'une solution concentrée et *fraîchement préparée* d'acide gallique; ni précipité, ni coloration. Dans les mêmes conditions, la pipéridine donne immédiatement une coloration rose pâle, puis rose foncé qui vire au jaune foncé.

» V. *Réaction avec le pyrogallol :* Même mode opératoire que tout à l'heure. Avec la pyridine, rien ou *très légère* coloration jaune, ne se produisant que très lentement. Avec la pipéridine, coloration jaune clair *immédiate,* virant bientôt au jaune foncé, puis au brun foncé et au brun noir.

» VI. *Réaction avec la pyrocatéchine :* Quelques gouttes de pyridine sont additionnées de 50^{cc} d'eau distillée; on laisse tomber quelques parcelles de pyrocatéchine : rien. Avec la pipéridine, coloration d'abord violette, puis rose, qui vire rapidement au jaune.

» VII. *Réaction avec l'hydroquinone :* Avec la pyridine dissoute dans 50^{cc} d'eau, rien ne se fait. Avec la pipéridine, coloration jaune, puis brun foncé.

» La résorcine, la phloroglucine, l'orcine ne produisent rien dans des solutions aqueuses de pyridine et de pipéridine.

» VIII. *Réaction du tannin avec les urées composées:* J'ai expérimenté avec des solutions aqueuses, ou alcooliques, ou éthérées, de benzyl-urée, de diphényl-urée, de phényl-urée, de méthyl-urée, de diphényl-sulfo-urée; le tannin, en solution, n'a produit ni précipités, ni colorations [1] ».

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'anéthol.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Grimaux.

« On sait que l'anéthol, principe de l'essence d'anis, contient dans sa molécule une chaîne latérale propylénique; il doit en conséquence donner avec le chlore un produit d'addition, le bichlorure d'anéthol.

» Jusqu'à ces derniers temps les dérivés chlorés d'addition ou de substitution de ce corps étaient fort mal connus. Cahours, en faisant passer un courant de chlore dans l'anéthol, n'était parvenu qu'à obtenir un corps sirupeux qu'il considéra comme de l'anéthol trichloré. D'autre part, Ladenburg, en traitant l'anéthol par le perchlorure de phosphore, avait obtenu un anéthol monochloré bouillant à 258° et fondant vers 6°; mais Landolph, en répétant la même expérience, donne comme point d'ébullition de l'ané-

---

[1] Ces expériences ont été faites dans mon service, à l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

thol monochloré 228°-230°. L'action du perchlorure de phosphore est d'ailleurs trop énergique pour qu'on puisse décider de la formule de constitution de ce corps.

» Pour arriver à obtenir tous ces dérivés chlorés, j'ai fait usage, sur le conseil de M. Grimaux, d'une solution de chlore dans le tétrachlorure de carbone. Le chlore est, en effet, très soluble dans ce solvant; à 0°, 100gr de tétrachlorure dissolvent 17gr à 17gr,5 de chlore; à 10° il en dissout environ 13gr; enfin une solution à 10 pour 100 peut se conserver indéfiniment, à la température ordinaire du laboratoire, dans un flacon bien bouché. Ces solutions ont une couleur jaune citron foncé et permettent d'employer le chlore sous une forme diluée et pesé d'avance.

» *Bichlorure d'anéthol.* — Pour obtenir ce produit d'addition, on verse lentement une molécule de chlore Cl^2, dissous dans le tétrachlorure à 0°, dans une solution d'une molécule d'anéthol dans trois fois son poids de tétrachlorure, en ayant soin de refroidir énergiquement le ballon avec de la glace. La solution de chlore se décolore immédiatement et il se dégage à peine des traces d'acide chlorhydrique. On distille ensuite le tétrachlorure dans le vide et au bain-marie.

» Le bichlorure d'anéthol, ainsi préparé, se présente sous l'aspect d'un liquide mobile, de couleur ambrée, s'épaississant par le froid obtenu au moyen du chlorure de méthyle, non distillable sans décomposition, même dans le vide. Les dosages de chlore m'ayant toujours donné des chiffres un peu forts (probablement à cause de CCl^4 que la distillation dans le vide n'enlève pas complètement), j'en ai fixé la composition par l'étude de ses dérivés.

» *Anéthol monochloré.* — Lorsqu'on distille le bichlorure d'anéthol dans le vide, il se scinde nettement en acide chlorhydrique et anéthol monochloré. Il suffit de laver le produit de la distillation avec une solution de soude caustique à 1 pour 100 pour avoir, après rectification au thermomètre, l'anéthol monochloré pur. Ce corps distille sans décomposition à 258° à la pression normale; il se solidifie à 0° et fond vers 6°; son odeur rappelle celle de l'essence d'anis; sa densité à 0° est de 1,1350.

» (Dosage du chlore, Cl pour 100 : calculé 19,4; trouvé 18,9.) Les constantes de ce corps l'identifient avec le dérivé monochloré obtenu par Ladenburg. Sa préparation montre de plus que le chlore se trouve dans la chaîne propylénique, et non dans le noyau; il doit donc avoir pour formule $C^6H^4, OCH^3, C^3H^4Cl\,(1,4)$.

» *Bichlorure d'anéthol chloré.* — J'ai obtenu ce dérivé en traitant l'anéthol monochloré par une solution de chlore dans le tétrachlorure; en abandonnant le produit dans une capsule à la température ordinaire, le solvant s'évapore et, au bout d'un certain temps, le produit cristallise; on le place alors sur de la porcelaine dégourdie, puis on le purifie en le reprenant par l'éther. Ce corps se présente sous l'aspect de petits cristaux blancs, fondant à 35°, solubles dans tous les solvants organiques. Placé à l'étuve à 100°, il dégage une faible odeur d'anis.

» (Dosage du chlore, Cl pour 100 : calculé 42,0; trouvé 41,3). La production de ce corps montre bien la fonction éthylénique de l'anéthol monochloré.

» *Bibromure d'anéthol monochloré.* — Ce corps, obtenu par l'action du brome en solution dans le tétrachlorure de carbone, se présente sous l'aspect de petits cristaux blancs, fondant à 45°. (Dosage, AgCl + AgBr : calculé 151,6 pour 100; trouvé 150,3 pour 100.)

» En terminant ce travail sur les dérivés chlorés de l'anéthol, je veux faire remarquer que la substitution du chlore à l'hydrogène dans la chaîne latérale ne modifie pas l'odeur de l'anéthol, odeur qu'il est impossible d'attribuer à des traces d'anéthol, car ce corps ne pourrait pas subsister en présence de l'acide chlorhydrique qui se dégage pendant la préparation de l'anéthol monochloré.

» Je désire faire remarquer également tous les avantages que le laboratoire pourra tirer de la solution de chlore dans le tétrachlorure de carbone. Cette solution est en effet inaltérable, non oxydante comme l'eau de chlore; de plus, le tétrachlorure a la propriété de dissoudre presque tous les corps organiques. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *De la fixation de l'iode par les amidons de blé et de riz.* Note de M. G. **Rouvier**.

« Dans une précédente Communication (¹), j'ai montré que, si l'on traite l'eau amidonnée obtenue soit avec l'amidon de blé, soit avec l'amidon de riz, par de l'iode en excès, mais en quantité insuffisante pour donner naissance au composé $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^5$, la quantité d'iode fixée va en croissant en même temps que la quantité d'iode ajoutée. Les résultats numériques que j'ai obtenus, et dont une série a été insérée aux *Comptes rendus* dans la Communication indiquée plus haut, peuvent recevoir une interprétation qui n'est peut-être pas dépourvue de tout intérêt.

» Admettons, pour un instant, que, dans les conditions indiquées, il se forme successivement les composés $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^3$ et $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^4$, intermédiaires entre le composé qui se forme en présence d'un excès d'amidon $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^2$ (²) et celui qui se forme en présence d'un très grand excès d'iode $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^5$ (³). Admettons, de plus, que chacun de ces composés ait la propriété de dissoudre une certaine quantité d'iode. Cette quantité

(¹) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 743.
(²) *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 1366.
(³) *Comptes rendus*, t. CXVII, p. 461.

d'iode obéira très probablement à la loi de MM. Berthelot et Jungfleisch, relative au partage d'un corps dissous entre deux dissolvants non miscibles; c'est-à-dire que le poids d'iode ainsi dissous, les autres circonstances restant les mêmes, devra être proportionnel à la concentration en iode du liquide surnageant. On pourra, au moyen d'une expérience déterminée, calculer le coefficient de partage correspondant soit au composé $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^3$, soit au composé $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^4$. Ce coefficient, une fois connu, permettra de calculer le poids d'iode total qui aura dû être fixé dans une autre expérience, et l'on comparera le nombre ainsi calculé au nombre trouvé expérimentalement. Or, il arrive que ces deux nombres sont toujours très peu différents l'un de l'autre. Je donne ci-dessous, à titre d'exemple, le Tableau obtenu au moyen des résultats déjà insérés aux *Comptes rendus*.

» Les nos 2 et 6, qui n'ont pas de correspondants dans le Tableau actuel, sont ceux qui ont servi à calculer les coefficients de partage. Quant au no 1, la teneur centésimale en iode est inférieure à celle qui correspond au composé $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^3$:

	Calculé.	Trouvé.
	mg	mg
N° 3	8,4	8,4
N° 4	9,2	9,1
N° 5	9,7	9,6
N° 7	10,4	10,5

» L'hypothèse que nous avons faite en commençant paraît donc bien se vérifier. En présence d'un excès d'iode insuffisant pour donner naissance au composé $(C^6H^{10}O^5)^{16}I^5$, il doit y avoir superposition de deux phénomènes. D'une part, fixation de l'iode sur l'amidon en proportion définie; d'autre part, fixation de l'iode à l'état dissous. Ce fait n'a d'ailleurs rien d'anormal. Un phénomène analogue a été constaté par MM. Troost et Hautefeuille, dans leurs recherches sur l'absorption de l'hydrogène par le potassium, le sodium et le palladium. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *De la solubilité de la matière colorante rouge du raisin et de la stérilisation des moûts de fruits.* Note de M. **A. Rosenstiehl**, présentée par M. Duclaux.

« On sait que la matière colorante rouge du raisin est contenue dans la pellicule du fruit, et que le jus lui-même est incolore, du moins dans la plupart des cépages; mais on retrouve plus tard la matière colorante dans

le liquide fermenté, et l'on admet qu'elle est entrée en dissolution à la faveur de l'alcool formé pendant l'acte de la fermentation.

» I. L'expérience suivante contredit cette interprétation; elle montre que la matière colorante rouge, contenue dans la pellicule du raisin, est soluble dans le jus du fruit sans l'intervention de l'alcool.

» Du raisin est écrasé, et le tout, pulpe, pellicule et jus, est chauffé au bain-marie entre 45° et 70° C. Sous l'influence de la chaleur, le jus se colore en rouge, et la pellicule se décolore.

» La rapidité de la dissolution varie avec la température; à 45°-50° C., il faut de dix à vingt-quatre heures; à 70° C., quatre à cinq heures suffisent. Mais, à cette température déjà, la couleur rouge du moût commence à s'altérer.

» II. La même expérience réussit avec d'autres fruits à enveloppe rouge et à jus incolore : tels sont les fraises, les cerises rouges, les prunes et même les pêches et les abricots qui, comme on le sait, ne possèdent de coloration que sur la portion du fruit exposée au soleil.

» III. Ces matières colorantes sont très fragiles. Non seulement la chaleur les altère, mais le contact des métaux généralement peu attaquables aux acides, tels que l'étain, le bronze, le laiton, leur est funeste : elles sont décolorées. Le cuivre est celui des métaux usuels qui paraît avoir le moins d'action. Mais l'agent de décoloration le plus redoutable est l'air atmosphérique : sous son influence, la matière colorante devient insoluble, même en présence d'alcool; c'est ce qui ressort nettement de l'expérience suivante :

» Un flacon est rempli de grains entiers de raisin noir, puis fermé hermétiquement et chauffé plusieurs fois à 50° C. Il n'y a d'air en présence que celui qui occupe l'intervalle des grains.

» Le contenu du flacon est ensuite écrasé et ensemencé avec une levure : on constate que le liquide fermenté n'est pas coloré en rouge. Sous l'action de l'air, à une température peu élevée pourtant, la matière colorante contenue dans la pellicule du raisin est devenue insoluble dans l'eau et dans l'alcool.

» Le liquide fermenté possède, en outre, un goût déplaisant.

» IV. L'exclusion de l'air est donc indispensable pour la conservation de la matière colorante rouge du raisin et des fruits.

» Quand on la réalise, elle produit encore un autre effet remarquable. Contrairement à ce qui arrive quand on chauffe un fruit, les moûts préservés du contact de l'air gardent le goût agréable du raisin frais. Cette observation s'applique également à d'autres fruits, qui servent à faire des boissons fermentées, les pommes entre autres. On peut les chauffer long-

temps et souvent de 45° C. à 50° C. sans qu'ils subissent cette altération connue sous le nom de *goût de cuit*.

» V. Ces chauffages répétés, empruntés à la méthode de Tyndall, entraînent la stérilisation des moûts, quoiqu'ils soient faits à une température relativement basse (de 45° à 50° C.), et jusqu'à présent inusitée, même en Bactériologie.

» Sous l'influence du milieu acide, du gaz carbonique et des variations de température, les ferments sont tués, et les germes de moisissures et de bactéries, qui survivent à ces traitements, sont tout au moins mis dans l'impossibilité de nuire.

» De fait, les moûts de raisin, saturés d'acide carbonique, même quand ils n'ont été chauffés que trois fois à 50° C., se conservent sans altération.

» VI. Ils se conservent non seulement en flacons, mais même dans la vaisselle vinaire ordinaire.

» J'ai stérilisé des moûts rouges, en tonneaux de 225^{lit} en 1895, en tonneaux de 500^{lit} aux dernières vendanges, et je les ai conservés pendant quatre et six semaines; on n'a mis fin à l'expérience que parce que la démonstration a été jugée suffisante.

» A l'ouverture des tonneaux, la surface du liquide était parfaitement nette, sans voiles ni moisissures, et, au dire des experts, le moût avait conservé le goût agréable du raisin frais.

» VII. Les faits qui précèdent montrent la possibilité de préparer des moûts de raisin possédant une belle coloration rouge, plus riche que celle du vin fait avec le même fruit, ce que les données de la Science ne permettaient pas de prévoir. Ils montrent, en outre, par quels moyens on arrive à les conserver tels, à l'abri de la fermentation.

» On peut aborder maintenant, avec de nouvelles données, l'étude de la vinification. Les essais qui ont été faits sur quelques hectolitres de moûts conservés, avec des levures du commerce, sont encourageants. De l'avis d'hommes compétents, on peut prévoir pour les vins (et les cidres) ainsi préparés, des plus-values rémunératrices.

» Mais on peut espérer mieux, en étudiant l'adaptation des races de levures aux divers cépages, et en faisant la sélection des levures à bouquet, non plus par cultures dans des milieux artificiels, mais sur des moûts stériles, de la même espèce de fruits que celle que les levures devront ultérieurement transformer en boissons fermentées.

» *En résumé :* 1. Contrairement à ce qui était admis, la matière colorante rouge des pellicules du raisin et d'autres fruits est soluble dans le jus non fermenté;

» 2. L'action de l'air insolubilise la matière colorante;

» 3. Elle est l'une des causes du goût de cuit;

» 4. On peut faire des conserves de moûts, possédant la couleur, la saveur et le parfum du fruit à l'état frais;

» 5. Je me réserve de revenir sur l'application de ces données à la fabrication des vins et des cidres. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur des Vignes japonaises et chinoises acclimatées à Damigny (Orne), et sur la composition des vins qu'elles produisent.* Note de M. **L. Lindet**, présentée par M. Aimé Girard.

« Le département de l'Orne est situé au delà de la limite extrême de notre territoire viticole, et son climat a été considéré jusqu'ici comme impropre à la culture de la Vigne et à la maturation du raisin. Depuis un certain nombre d'années, cependant, M. Caplat a réussi à acclimater à Damigny, près d'Alençon, quelques variétés de Vignes, provenant des régions froides, humides et montagneuses de la Chine et du Japon.

» Ces Vignes ont été découvertes par le R. P. David, et les graines en ont été importées en France par M. Henri Degron. Semées pour la première fois par M. Caplat en 1882, elles ont été depuis multipliées à ce point que celui-ci a pu envoyer les boutures de ces Vignes dans la plupart de nos départements. L'étude ampélographique en a été faite par Carrière et par V. Pulliat.

» Les Vignes japonaises et chinoises, cultivées à Damigny, sont d'une végétation vigoureuse et puissante; les sarments en sont allongés; les pétioles, en général colorés en rouge vineux ou violet, sont longs également, quelquefois recouverts de poils d'une coloration variant du rouge au jaune (formes du *V. Romaneti*), quelquefois recouverts d'épines (*Spinovitis Davidi*); les feuilles sont tantôt cordiformes (*Précoce Caplat*), tantôt bi,tri et pentalobées et quelquefois même lascinées (*V. Romaneti* et *V. Pagnucci*); les grappes, longues de 20^{cm} à 30^{cm}, sont formées de grains arrondis et espacés; ces grains sont recouverts, en général, d'une peau fine, mais ferme, luisante, pruinée, au-dessous de laquelle on trouve une pulpe presque toujours colorée en rouge foncé, rarement en rose.

» Un des caractères les plus intéressants de certaines de ces Vignes est leur précocité; c'est ainsi qu'une Vigne japonaise, semis de *V. Coignetiæ* (*Précoce Caplat*), donne du 15 au 20 septembre des raisins mûrs à Da-

migny. Cette maturité ne précède que de quelques jours celle d'autres Vignes cultivées dans cette localité (*V. Romaneti, V. Pagnucci*); les *Spinovitis* ne mûrissent que plus tard, du 1er au 15 octobre; les *Carrieri* sont des vignes encore plus tardives.

» Les essais de plantation du *Précoce Caplat*, faits en Bourgogne, dans le Cher, dans la Haute-Garonne et dans d'autres départements, semblent prouver que cette variété résiste bien aux maladies ordinaires de la vigne.

» En décembre 1895, M. Caplat adressait à M. Tisserand, Directeur de l'Agriculture, des échantillons de vins, obtenus à Damigny, et demandait que le Ministère de l'Agriculture fît analyser ces vins et déterminer les avantages qu'ils peuvent présenter pour le commerce. L'analyse de ces vins m'a été confiée par M. Tisserand, et m'a conduit aux résultats suivants :

		Précoce Caplat.					
		Analysé en 1895.	Même vin analysé en 1896.	Romaneti cordifolia.	Romaneti trilobée.	Pagnucci pentalobée.	Spinovitis Davidi.
Alcool pour 100		7°,0	7°,5	6°,0	6°,9	6°,5	5°,4
Par litre.	Extrait à 100°	42gr,5	39gr,1	40gr,9	45gr,9	43gr,0	45gr,7
	Acidité en SO^4H^2.	13,7	12,6	11,0	13,0	10,8	13,2
	Tartre	4,3	3,4	5,5	6,4	5,3	5,2
	Tannin	4,0	4,2	3,7	5,3	4,4	3,9
	Cendres	2,7	2,1	4,1	4,6	4,2	4,0
Intensité colorimétrique [1]		0mm,15	0mm,18	0mm,25	0mm,25	0mm,20	0mm,18

» A la simple inspection de ces chiffres, on voit que la quantité d'alcool équivaut à celle de nos vins faibles, mais que la quantité d'extrait, d'acidité, de tartre, de tannin et de cendres, est deux fois plus grande que dans les vins ordinaires; quant à la couleur, très franche et d'un très bel éclat, elle présente une intensité quatre ou cinq fois plus forte que celle admise généralement par le commerce des vins. L'analyse faite en 1896 du vin de *Précoce Caplat*, récolté en 1895, montre en outre que ces vins se dépouillent peu par le vieillissement; la différence de composition tient presque uniquement au dépôt d'une certaine quantité de tartre.

---

[1] Épaisseur à donner à la couche de vin dans le vino-colorimètre Salleron, pour reproduire l'intensité du 7e ton de la gamme violet rouge; l'épaisseur correspondante pour un vin ordinaire est d'environ 1mm.

» Les vins de 1896 ont été fabriqués dans des conditions un peu différentes de celles où M. Caplat s'était placé en 1895. Dans le but de les rendre plus légers et plus agréables à boire, M. Caplat n'a fait cuver les vins de 1896 que vingt-quatre heures en présence des marcs; au bout de ce temps, les vins ont été soutirés, et ont achevé leur fermentation à la façon des vins blancs ou des cidres. Aussi la quantité d'extrait et de tartre est-elle un peu plus faible qu'en 1895; mais les quantités d'acide, de tannin et de couleur, dues principalement aux éléments de la pulpe, restent sensiblement les mêmes :

		Précoce Caplat.	Romaneti cordifolia.	Spinovitis Davidi.	Vin de marcs sucré.
Alcool pour 100		9°,00	7°,0	6°,1	4°,5
Par litre.	Extrait à 100°	36gr,2	28gr,9	38gr,5	17gr,8
	Acidité en SO^4H^2	12,3	10,3	15,0	4,8
	Tartre	3,1	4,5	4,7	2,3
	Tannin	5,3	3,9	Non dosé	2,3
	Cendres	2,2	3,4	4,1	2,1
Intensité colorimétrique		0mm,23	0mm,21	0mm,24	0mm,50

» Il est facile de déduire de l'analyse de ces vins les avantages qu'ils peuvent présenter pour le commerce et pour la préparation des vins de coupage, dits *de composition*, où ils semblent appelés à remplacer les vins teinturiers de l'Espagne et du Centre. Mais j'ai tenu, avant de me prononcer sur ces avantages, à avoir l'avis de personnes compétentes, et j'ai fait appel à l'expérience de dégustateurs et de négociants en vins, parmi lesquels je me fais un plaisir de remercier M. Poulain, qui a bien voulu, en 1895 et en 1896, faire de ces vins une étude attentive.

» Celui-ci a reconnu, à tous ces vins, des qualités supérieures à celles des vins similaires, des vins de *gros noirs* du Centre, par exemple, en ce sens qu'ils présentent une plus grande proportion de principes utilisables dans la préparation des vins de coupage, qu'ils sont plus frais à la bouche, et ne laissent aucun arrière-goût. Il a donné, au point de vue commercial, la préférence aux vins de 1895, fabriqués avec la vendange entière, et parmi ceux-ci aux vins de *Précoce Caplat* et *Spinovitis Davidi;* les premiers étaient plus fins, *se goûtaient mieux,* et avaient une couleur plus franche que les seconds, mais ceux-ci avaient plus de corps. M. Poulain, en dégustant cette année le vin de *Précoce Caplat,* de 1895, a constaté dans ses qualités une amélioration sensible.

» Les vignes japonaises et chinoises pourront, cultivées dans d'autres régions, plus tempérées que la région normande, et surtout si ces régions sont toujours fraîches, donner des résultats plus intéressants encore; mais, dès à présent, il reste acquis que, sous des climats relativement froids, où la production du vin était inconnue, elles peuvent, en raison de leur précocité et des qualités particulières de leurs vins, rendre de sérieux services à la Viticulture. »

CÉRAMIQUE. — *Sur la composition d'anciennes poteries indiennes du Vénézuéla*. Note de M. F. **Geay**, présentée par M. Friedel.

« Dans une exploration scientifique aux Llanos du Vénézuéla, j'ai recueilli d'intéressants documents sur les poteries indiennes de ces régions, documents qui font l'objet de cette Communication.

» Pendant un long séjour parmi les naturels, j'ai pu, grâce à un heureux concours de circonstances, me faire livrer le secret de la composition des anciennes poteries.

» La terre qui était utilisée par les potiers indiens est une argile bleu noirâtre, facile à observer sur les berges à pic de certains cours d'eau, où elle se présente sous forme de bande irrégulière dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à un mètre.

» Cette argile n'était pas employée à l'état pur; les Indiens y mélangeaient une certaine matière, destinée à donner à la poterie des qualités spéciales, matière qu'ils extrayaient d'un corps particulier pris sur les branches des végétaux qui poussent sur les rives des caños.

» Toutes les anciennes poteries des régions des Llanos, explorées par moi, renferment de cette substance dans leur pâte, et, si l'on en examine des fragments à la loupe, on y distingue un enchevêtrement de petits bâtonnets allongés et entrelacés en tous sens, qui se présentent comme un feutrage à la surface des poteries. Ces bâtonnets sont si abondants qu'ils forment, à eux seuls, presque la moitié de la masse.

» Si l'on examine les coupes de ces poteries au microscope, on reconnaît leur identité avec les spicules d'une éponge d'eau douce, la *pica-pica*, que j'ai recueillie dans les rivières des Llanos.

» Ces éponges, à spicules siliceux fusiformes, sont voisines des *spongilla* et extrêmement abondantes dans certains caños des savanes, cours d'eau temporaires qui se tarissent à l'époque de la sécheresse et demeurent

à sec pendant plusieurs mois de l'année. En cette saison brûlante, ces éponges restent exposées à l'ardeur du soleil torride, et se présentent sous forme de boules noires, irrégulières et rudes, solidement fixées aux arbrisseaux des rivages; ces masses caverneuses ne sont alors formées que d'un peu de matière organique et d'une grande quantité de silice. Quelques-unes de ces éponges sèches atteignent d'assez fortes dimensions et l'on en rencontre qui dépassent de beaucoup le volume d'une tête humaine.

» C'étaient ces boules noires, calcinées par le soleil, que les potiers indiens récoltaient avec soin sous le nom de *pica-pica*. La cueillette terminée, les éponges étaient incinérées sur place, afin de détruire la matière organique et rendre libres les spicules, qui étaient alors emmagasinés, sous forme de poudre grisâtre, dans de grandes taparas, récipients au moyen desquels ils transportaient la précieuse matière à leurs ateliers primitifs, où elle était incorporée, dans une forte proportion, à l'argile à poterie.

» Cette découverte intéressante nous fait connaître l'utilisation d'un produit naturel dans une industrie primitive et permet de distinguer facilement la poterie indienne de cette région de celle que les métis du nord du Vénézuéla préparent en mélangeant de l'argile cuite et pulvérisée à leur terre à poterie. »

PHYSIOLOGIE. — *Période réfractaire dans les centres nerveux, ondulation nerveuse, et conséquences qui en résultent au point de vue de la dynamique cérébrale* [1]. Note de MM. **André Broca** et **Charles Richet**, présentée par M. Marey.

« Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 96; 1897), nous avons démontré qu'il y a dans les centres nerveux une période réfractaire. De nouvelles expériences nous ont permis de préciser quelques-unes des lois qui la régissent.

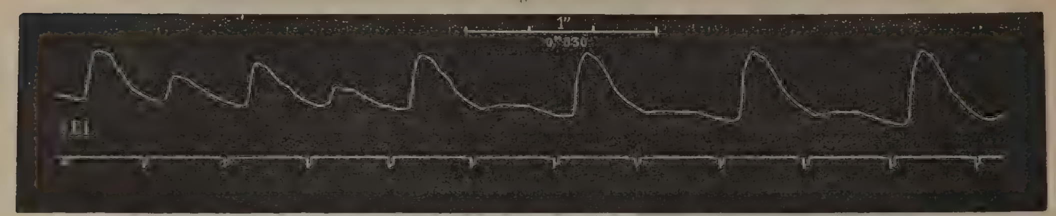
» I. Si l'on excite l'encéphale d'un chien (zone motrice) par des courants d'induction égaux, rythmés, et de faible fréquence (un ou deux par seconde), les réponses motrices sont régulières et égales entre elles; mais, si l'on rapproche les excitations, on voit les secousses devenir inégales, tantôt grandes et tantôt petites, tantôt normales et tantôt avortées; puis, la fréquence s'élevant, par exemple de deux à huit par seconde, après quelque

---

[1] Travail du laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine de Paris.

temps d'irrégularité, un rythme nouveau s'établit et il n'y a plus qu'une réponse sur deux excitations (*fig.* 1). Si la fréquence des excitations

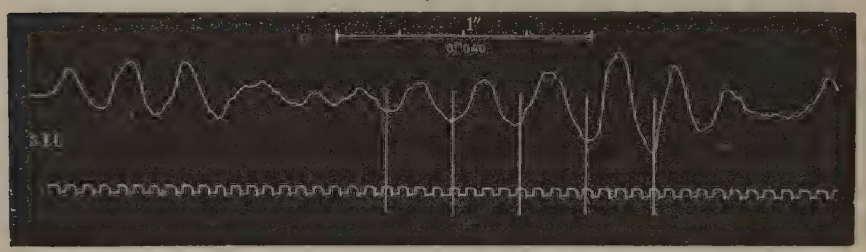
Fig. 1.



Chien refroidi, à 32°, chloralosé. Le cerveau ne répond qu'à une excitation sur deux, après avoir au début, dans la période de discordance, répondu à chaque excitation. (Figure réduite de moitié.)

augmente encore, les réponses prendront un rythme correspondant à une secousse pour trois ou même pour quatre excitations (*fig.* 2).

Fig. 2.



Chien à 36°, chloralosé. Après des périodes de discordance, l'accord finit par s'établir, et la réponse du cerveau se fait à $\frac{1}{4}$. A mesure que l'accord se fait mieux, les réponses sont plus énergiques. (Figure réduite de moitié.)

» Ces phénomènes sont bien dus à l'excitation cérébrale, car nous avons donné au système composé du muscle et de son poids ou ressort tenseur un amortissement considérable, pour éviter qu'il puisse imposer au système sa période propre [1]. D'autre part, en excitant directement le muscle, nous obtenions, conformément aux données classiques, une secousse distincte pour chaque excitation.

» II. La durée de la phase réfractaire varie avec la température; elle est beaucoup plus longue chez les chiens refroidis. On peut la mesurer

---

[1] Voir Cornu, *Comptes rendus*, t. CIV, p. 1465, et Poincaré, *Oscillations électriques*, p. 105.

en déterminant les fréquences qui provoquent encore des secousses régulières, et celles, plus grandes, qui provoquent des secousses irrégulières. Ces deux fréquences, étant très voisines l'une de l'autre, nous donnent avec assez de précision le moment où la période réfractaire cesse, et où le retour à l'équilibre du système nerveux est complet. Il résulte de nos mesures, prises sur des graphiques donnés par plusieurs chiens, que la période réfractaire est terminée au bout des temps suivants :

Température.	Fin de la période réfractaire.	Température.	Fin de la période réfractaire.
°	s	°	s
30..........	0,65	39..........	0,12
32..........	0,50	40..........	0,11 (1)
34..........	0,30	42..........	0,10
35..........	0,18	43..........	0,10
37..........	0,16		

» Ces chiffres, bien entendu, n'ont qu'une valeur relative, mais ils indiquent nettement le sens du phénomène et son ordre de grandeur.

» III. Pour interpréter cette phase réfractaire, l'hypothèse chimique d'un épuisement de la substance nerveuse peut être invoquée; mais cette hypothèse explique mal la période d'addition et la tétanisation épileptoïde. Sans nier les faits de restauration chimique qui surviennent dans le système nerveux excité, nous devons admettre nécessairement qu'il se passe en même temps des phénomènes d'ordre physique, analogues à ceux que l'on observe lors du retour à l'équilibre d'un système brusquement abandonné en dehors de son état d'équilibre.

» M. Cornu (*Bulletin de la Société des Électriciens,* 14 janvier 1894), dans son Mémoire sur la synchronisation des oscillants, avait déjà pressenti la généralité des lois du retour à l'équilibre et leur application probable à la Physiologie. Un remarquable théorème de M. Vaschy a donné une grande vraisemblance à cette conception hardie, et nos expériences paraissent la confirmer.

» Nous devons penser, en effet, toutes réserves faites relativement à l'identité des phénomènes, que l'innervation présente un attribut analogue à l'intensité électrique, et que, lors d'une rupture brusque d'équilibre, des phénomènes du même ordre, quant à la forme de l'oscillation, doivent se produire dans les deux appareils. Le muscle, par hypothèse, ne

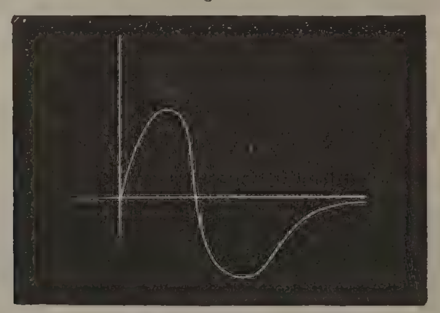
---

(1) 39°,5 est la température normale moyenne du chien.

répondrait qu'à un sens déterminé de l'incitation nerveuse. Donc, quand, lors des oscillations de retour à l'équilibre, cette incitation devient de sens contraire, une autre excitation, survenant à ce moment, peut ne faire que modifier le retour à l'équilibre sans atteindre une valeur suffisante pour provoquer la contraction musculaire.

» De fait, en traçant la courbe de l'excitabilité du système cérébral après une excitation, nous avons pu tracer une courbe ayant la forme de la figure ci-jointe (*fig.* 3). Cette courbe n'a pas la forme des oscillations

Fig. 3.



Courbe schématique du retour à l'équilibre du système nerveux, mesurant l'excitabilité du système nerveux après une excitation unique.

électriques normales; mais, par des artifices, on a obtenu des formes analogues; par exemple, dans les câbles sous-marins, avec les signaux bridés de Thomson. Grâce à l'emploi de ceux-ci, le problème de la transmission du plus grand nombre possible de signaux dans l'unité de temps a pu être résolu; et c'est précisément le point essentiel qui devait être réalisé dans le système nerveux, un nombre maximum d'impulsions motrices qu'un animal a à produire dans un temps donné étant une condition favorable. Cette forme d'amortissement réalisant un optimum, on peut admettre qu'elle devait se rencontrer dans le système nerveux.

» Les expériences précédentes comportent une autre conclusion encore. Si la période réfractaire nous représente la phase négative d'une oscillation, nous devons retrouver, dans le système nerveux, les phénomènes caractéristiques des oscillations, c'est-à-dire la synchronisation avec une oscillation excitatrice moins amortie. Cette synchronisation peut se faire d'ailleurs soit sur l'excitation elle-même, soit sur une période égale à un de ses multiples. Nos graphiques montrent des oscillations soumises exac-

tement à cette loi (*fig.* 2), ce qui devait être, puisque, d'après un théorème de M. Cornu, une série rythmée d'excitations soudaines, comme des chocs d'induction, est équivalente à une force pendulaire non amortie.

» Nous pouvons donc presque affirmer que le système nerveux possède une oscillation propre amortie, et que nos expériences permettent d'introduire les données de la Physique générale dans la Physiologie et la Psychologie.

» Ainsi l'étude de la phase réfractaire nous a amenés à déterminer la durée de l'ondulation nerveuse.

» De plus, la fréquence maximum, avec laquelle des excitations motrices discontinues peuvent se produire dans le cerveau sans se fusionner, est d'environ 10 par seconde. Le dixième de seconde est donc l'unité psychophysiologique de temps, et cela aussi bien pour les excitations sensibles que pour les incitations motrices. Nous comprenons maintenant pourquoi cette période de $0^s,1$ est nécessaire à la discontinuité : c'est parce qu'elle mesure la durée du retour à l'équilibre du système nerveux. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Sur un nouvel appareil anatomique observé dans le péritoine*. Note de M. **J.-J. Andeer**.

« Après des recherches préliminaires, dont le détail serait trop long à exposer ici, j'ai réussi à trouver, d'abord chez la Grenouille, puis chez tous les Vertébrés examinés, l'appareil que je vais décrire.

» Si l'on prend un morceau péritonéal convenablement choisi, sur une Grenouille, et qu'après l'avoir fait macérer et l'avoir soumis à une préparation spéciale, on l'étale sur une lame de verre incolore, on peut, avec une certaine habitude, apercevoir à l'œil nu comme des piqûres d'aiguille. Un observateur novice aura besoin de l'aide d'une bonne loupe pour voir cet état *multipointé*. Avec un faible grossissement microscopique, on se rend compte que ces points sporadiques, disséminés sur tout le pourtour du

---

(1) MM. Horsley et Schafer (*Journ. of Physiology*, 1886, t. VII, p. 96) avaient vu que les réponses cérébrales à des excitations fréquentes ne peuvent pas dépasser dix par seconde, mais ils attribuaient ce phénomène à la moelle autant qu'au cerveau, et ils n'avaient vu ni la période réfractaire, ni la synchronisation qui en est la conséquence. Leurs expériences d'ailleurs ont été contredites par Limbeck (*Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, 1889, t. XXV, p. 171).

morceau péritonéal examiné, ne sont que des trous disposés suivant un certain ordre, et que la membrane peut être comparée à une écumoire. Ces discontinuités, en forme de trous arrondis à l'état normal, avec des bords très nets, comme si on les avait faits avec un emporte-pièce, sont très nombreux, mais en nombre variable, selon l'espèce dans l'échelle animale vertébrée; chez la Grenouille, elles sont distantes de 0,5-1^{mm} l'une de l'autre. La forme et l'aspect de ces discontinuités du tissu varient également selon l'espèce et même selon les individus. On comprend l'influence que peuvent avoir des facteurs tels que le plus ou moins d'élasticité, de rigidité, de contraction, de relâchement, etc., de la membrane péritonéale. Au maximum de contraction, ces discontinuités sont invisibles. La contraction diminuant, elles apparaissent d'abord sous la forme d'une fente rectiligne, par laquelle passe aussitôt la lumière réfléchie par le miroir de l'appareil microscopique; puis elles se présentent sous des aspects variés : elles sont circulaires, elliptiques, triangulaires, sphériques, polygonales irrégulières, ou bien sous formes de microsinusoïdes, de virgules, etc.

» Ces trous, que j'appellerai *ostioles* ou petites bouches péritonéales, sont tout à fait lisses. Les ostioles paraissent, lorsqu'on les observe par la surface externe, c'est-à-dire du côté de la séreuse, pourvues seulement d'un simple épithélium, transparent, très fin, et donnant au bord extérieur un aspect homogène. Lorsqu'on les observe par la surface interne ou subséreuse du péritoine, les ostioles montrent à l'immersion microscopique une différence anatomique très marquée. Elles sont pourvues de sphincters à muscles lisses, très distincts, qui apparaissent sous la forme d'un tore à section circulaire ou elliptique que l'on pourrait comparer familièrement, quant à l'aspect, à un pneumatique de bicyclette. Ces sphincters, au point de vue anatomique et physiologique, sont analogues à ceux du pylore, de la vessie, etc. Ils ont la propriété de fermer et d'ouvrir l'ostiole, de gouverner les mouvements *sui generis* de cet appareil, et agissent automatiquement pour régler une fonction aussi nécessaire au péritoine que le travail opéré par les branchies des animaux aquatiques.

» Au-dessus de ces sphincters, et en se rapprochant de l'œil de l'observateur, la forme générale est celle d'une cuvette, dont le fond serait l'ostiole proprement dite; au-dessus du fond, se montre immédiatement la région sphinctorale à laquelle se superposent des assises ou des gradins comme ceux d'un cirque, formés par d'autres muscles lisses, plus larges et plus épais, comme des bandages.

» Comme nous avons dit plus haut, ces ostioles changent, selon l'endroit, de nombre et de grandeur; elles changent aussi de volume topographiquement. Ainsi, tandis qu'au rétropéritoine elles sont très basses, au péritoine couvrant le foie (séreuse) elles ont le maximum du volume trouvé jusqu'à présent. Ces ostioles se trouvent en nombre plus ou moins variable partout où il existe du péritoine, chez tous les Vertébrés, depuis l'homme jusqu'à l'*Amphioxus lanceolatus*. Peut-être les trouverait-on aussi chez les Invertébrés, mais je n'ai pas fait d'observation à ce sujet. On les trouve aussi bien au péritoine pariétal qu'au viscéral. On les trouve aussi, puisque le péritoine couvre tous les organes de la cavité abdominale, sur la séreuse du foie, de la rate, de l'estomac, de l'intestin, des organes génito-urinaires, aux endroits où ces derniers sont couverts de péritoine. Les mieux développés et les mieux visibles se trouvent au rétropéritoine chez la Grenouille. C'est là qu'il faut prendre un morceau de tissu pour faire les premières préparations microscopiques : j'en pourrais montrer un grand nombre d'échantillons pour confirmer mes assertions.

» Le système lymphatique des ostioles et surtout de leur cavité ou sinus superposé est très développé. Pour en bien comprendre une description écrite, il serait indispensable d'avoir auparavant examiné les préparations microscopiques, ou plutôt d'en entendre l'explication orale en même temps qu'on en ferait l'observation. En attendant, il suffira de dire que les sinus ou cavités de l'appareil ostiolique sont extrêmement riches en capillaires lymphatiques très spiralés, qui traversent les muscles lisses nombreux sous différents angles, et vont se terminer sous forme de tout petits bâtons ou points. Pour les observer, il faut des préparations provenant du péritoine d'un animal fraîchement tué : quand les tissus ont été desséchés pour la conservation, ces appareils si fins et si délicats restent invisibles et échappent aux recherches.

» J'insiste sur ce point, qu'une exposition verbale, avec des détails complémentaires accompagnant l'examen des préparations, serait indispensable pour donner une idée de la constitution, de la morphologie et de la topographie de ces ostioles, qui ont échappé jusqu'ici aux anatomistes-histologistes. Ce serait le préliminaire nécessaire, pour bien comprendre des Notes ultérieures sur la circulation (du sang) rouge, que j'ai laissée de côté pour le moment, et sur le rôle de cet appareil si important, soit au point de vue physiologique, soit au point de vue pathologique. Je me propose de montrer ultérieurement les conséquences funestes que peuvent avoir, pour l'homme ou pour les animaux, les troubles ou la suppression

de ces ostioles, soit d'une manière chronique, soit d'une façon brusque ou aiguë. »

ZOOLOGIE. — *Sur quelques particularités anatomiques observées dans la larve de* Thrixion Halidayanum ([1]). Note de M. **J. Pantel**, présentée par M. Edmond Perrier.

« I. Appareil digestif. — Il n'y a pas d'appareil organique sur lequel l'adaptation parasitique retentisse aussi profondément que sur celui-ci.

» Le cerveau occupant le troisième segment, l'intestin antérieur a de ce chef une longueur réduite. Il se compose : 1° d'un pharynx ou organe de succion très développé dont la forme, malgré sa complication très réelle, peut être ramenée à celle d'une gouttière à concavité supérieure; et 2° d'un œsophage très court, comparable à un entonnoir déprimé, dont la douille se rétrécit graduellement pour s'engager dans le collier nerveux.

» Le pharynx s'éloigne des types jusqu'ici décrits par les caractères de sa charpente squelettique, exclusivement appropriée à la succion; mais c'est l'œsophage qui offre la conformation la plus insolite. La paroi inférieure s'y présente comme une lame passive, dépourvue de toute musculature. La paroi supérieure, creusée en gouttière comme celle du pharynx, est absolument remarquable par la présence d'un épais coussin de hautes cellules différenciées, quasi cartilagineuses, au-dessus duquel est jetée, comme le filet d'un aérostat, une puissante musculature en treillis. Celle-ci est tellement disposée, que son principal effet ne peut être que de déprimer le coussinet sous-jacent et, par suite, d'amener l'oblitération de la lumière œsophagienne. Ce tronçon de l'intestin réalise un appareil de fermeture hermétique, rendu nécessaire par la condition même de l'acte aspirateur.

» L'intestin moyen est immédiatement en rapport avec l'œsophage. Il s'étend, sous la forme d'un large tube, de calibre sensiblement uniforme, très long et très convoluté, depuis le collier œsophagien jusqu'à un étranglement, qui marque sa limite distale, un peu au delà de l'insertion des tubes de Malpighi. Les cellules épithéliales qui en forment le revêtement proéminent dans la lumière intestinale, à l'état de repos; mais elles ont la propriété de s'affaisser de temps en temps sur elles-mêmes d'un mouvement brusque, sans doute pour faciliter l'expulsion des ferments qu'elles sécrètent.

» L'intestin postérieur est un tube très court, fusiforme, non bouclé, s'ouvrant à la base même du tubercule stigmatifère.

» Comparées à celles que l'on trouve dans les larves des Muscides communes, les dispositions qui viennent d'être indiquées témoignent d'une

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 472.

simplification organique manifeste, caractérisée non seulement par la réduction en longueur de l'œsophage et de l'intestin postérieur, mais encore et surtout par la suppression réelle du *jabot* et des *appendices gastriques*, et par la suppression au moins apparente du *proventricule* (*gésier*); apparente seulement, parce que l'appareil particulier signalé dans l'œsophage pourrait fonctionner comme un proventricule unilatéral.

» II. *Appareil circulatoire*. — Le vaisseau dorsal est constitué par un tube musculaire dilaté et fermé en cœcum à son extrémité postérieure, ouvert en avant, au-dessus de l'œsophage, sous la forme d'une gouttière renversée. On peut le diviser anatomiquement et physiologiquement en quatre régions :

» *a*. Le *tronçon postérieur* ou *ventricule* (Lowne) bordé de grandes cellules péricardiales ;

» *b*. Le *tronçon moyen*, bordé de petites cellules péricardiales ;

» *c*. Le *tronçon antérieur* (*aorte* de Lowne), dépourvu de cellules satellites, limité en avant à l'*anneau suspenseur* (Weismann);

» *d*. Le *tronçon sous-œsophagien*, allant de l'*anneau* aux apophyses pharyngiennes, sous la forme d'une gouttière renversée dont les bords se soudent aux disques imaginaux de la région.

» L'unité histologique de la paroi cardiaque est bien la cellule décrite par Viallanes [1], savoir : un élément aplati en forme de lame, à contour rectangulaire, à noyau vésiculeux, proéminent, à protoplasme différencié en fibrilles contractiles striées, lesquelles courent parallèlement les unes aux autres entre les deux feuillets sarcolemmatiques. Nos conclusions diffèrent seulement de celles de cet auteur quand il s'agit de préciser la situation des noyaux et la direction des fibrilles.

» Sur toute la longueur du tube cardiaque, les cellules sont associées deux à deux, de manière à constituer des anneaux binucléés soudés eux-mêmes bout à bout. Mais, tandis que, sur les deux tronçons antérieurs, les fibrilles sont longitudinales, ce qui rend ces tronçons capables de s'allonger et de se raccourcir, sur les deux postérieurs elles sont transversales, ce qui approprie ces deux régions aux mouvements de systole et de diastole proprement dites. Les noyaux sont situés latéralement sur les deux tronçons postérieurs, dorsalement et ventralement sur le tronçon antérieur, latéralement sur le tronçon sus-œsophagien, où les cellules sont réunies de manière à former une gouttière ouverte (appareil de distribution de l'ondée sanguine).

---

[1] *Recherches sur l'histologie des Insectes et sur les phénomènes histologiques qui accompagnent le développement post-embryonnaire de ces animaux*. Paris, 1883; p. 55 et suiv.

» Le ventricule porte de chaque côté trois ostioles en forme de fente verticale, munis chacun d'un système de deux valves. Contrairement aux résultats récemment publiés par Lowne, à propos de la larve de *Calliphora erythrocephala* (¹), nous trouvons que les valves sont constituées d'un système de deux cellules laminaires, de même type que les cellules pariétales, mais à noyaux plus petit et à orientation fibrillaire un peu différente : ce sont des replis auto-contractiles. Il n'existe de fente ni à l'extrémité postérieure ni sur le plancher du ventricule.

» Le tronçon intermédiaire porte des valvules de même type, fort peu développées ; nous ne sommes pas en mesure d'en fixer le nombre.

» III. Organe métamérique. — Nous ajouterons ici quelques renseignements sur la formation la plus originale et, à certains points de vue, la plus énigmatique que nous ayons rencontrée dans la larve de *Thrixion*. Il s'agit d'un organe métamérique répété avec beaucoup de régularité dans les sept segments abdominaux. Il est constitué, pour chaque côté d'un somite, par un groupe géminé de cellules colossales, siégeant immédiatement sous l'enveloppe générale.

» Ces éléments ont une forme essentiellement indifférente, une aptitude marquée à se souder temporairement à leurs congénères ou à des organes voisins, pour recouvrer un peu plus tard leur indépendance, sans toutefois avoir jamais le caractère d'éléments entièrement libres. Leur protoplasme, à l'état de repos physiologique, est finement ou grossièrement granuleux. A des états spéciaux d'activité, il laisse apercevoir, soit de simples inclusions globuleuses, soit de très remarquables vacuoles en forme de bâtonnet, de fuseau ou de lentille, dont l'orientation est, en général, parallèle au contour de la cellule. Le noyau est unique; il possède un boyau nucléaire continu, périphérique, typiquement strié, noyé dans un caryoplasme à peu près homogène, où existe aussi un gros nucléole de pyrénine.

» Les résultats fournis par quelques essais de coloration *vitale* par le bleu de méthylène semblent s'accorder avec les détails de structure pour faire attribuer à ces sortes de cellules la signification d'éléments excréteurs clos.

» L'organe métamérique n'a point été décrit chez les autres Muscides avec les caractères que nous venons d'indiquer; nous croyons, toutefois, qu'il y est représenté, mais sous une *forme rudimentaire*, par le *Guirlandenförmiger Zellenstrang*, de Weismann (²).

(¹) *The Anatomy, Physiology, Morphology and Development of the Blow-Fly.* London, p. 90; 1890-1895.

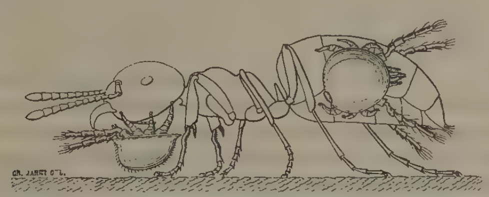
(²) *Die Entwickelung der Dipteren.* Leipzig, 1864, p. 132.

ZOOLOGIE. — *Sur les rapports de l'*Antennophorus Uhlmanni *Haller avec le* Lasius mixtus *Nyl.* Note de M. **Charles Janet**, présentée par M. Ém. Blanchard.

« L'*Antennophorus Uhlmanni* est un Acarien qui a été décrit en 1877, par Haller, sur des spécimens trouvés, en Suisse, dans un nid de *Lasius niger*. Depuis, cette espèce a été trouvée par Karpelles, en Hongrie, dans un nid de *Lasius umbratus*. Ces deux citations sont les seules que je connaisse. Aucune observation n'a été faite, jusqu'ici, sur les mœurs de cet animal.

» Je l'ai retrouvé, en abondance, dans le jardin de la villa des Roses, près Beauvais, dans une magnifique fourmilière de *Lasius mixtus*, et j'ai profité de cette circonstance pour installer un nid d'observation qui m'a permis de reconnaître les rapports de ce parasite avec son hôte.

» Les *Antennophorus Uhlmanni* vivent en épizoaires sur les *Lasius*. Ils se tiennent sur la face inférieure de la tête ou sur les côtés de l'abdomen de leur hôte, au moyen des caroncules qui terminent leurs pattes et qui sont pourvues d'une substance collante très adhésive.



Lasius mixtus portant trois *Antennophorus Uhlmanni* dans leurs positions normales (figure grossie 12 fois).

» Ces parasites sont aveugles, mais leur première paire de pattes est transformée en longs appendices antenniformes, pourvus d'organes olfactifs très sensibles.

» Ils ne circulent pas dans les galeries du nid, mais ils marchent facilement sur le corps des Fourmis et savent passer de l'une à l'autre. Lorsqu'un *Antennophorus*, détaché du corps d'une Fourmi, est posé sur le sol d'une galerie du nid, il soulève et tend en avant sa première paire de pattes ambulatoires et, en même temps, il explore l'espace avec ses longues pattes antenniformes. Ces appendices sensitifs s'agitent encore bien plus vivement dès qu'une Fourmi passe dans le voisinage. Si cette dernière passe assez près, l'Acarien colle sur son corps la pelote adhésive terminale de l'une des deux pattes ambulatoires qu'il tient soulevées, prêtes pour cette opération, et il peut, aussitôt, grimper et s'installer en bonne position sur son hôte. Ce dernier, sur-

pris, cherche à se débarrasser du nouveau-venu, mais il n'y parvient pas et se résigne, rapidement, dès que l'Acarien a pris une de ses positions normales.

» Ordinairement, une ouvrière ne porte qu'un seul *Antennophorus,* mais on en voit, très souvent, qui en portent plusieurs. Dans tous les cas, ces parasites prennent des positions symétriques par rapport au plan sagittal de leur hôte, et il en résulte que le centre de gravité de la surcharge considérable qu'ils produisent se trouve placé dans le plan sagittal du corps de la porteuse. Ces Acariens sont, ainsi, dans les meilleures conditions pour gêner le moins possible les mouvements de la Fourmi et, par conséquent, pour être plus facilement tolérés par elle. Les *Antennophorus* dirigent leurs pattes antenniformes vers l'avant de la Fourmi s'ils sont posés sur sa tête et en sens inverse s'ils sont posés sur son abdomen. Lorsqu'une Fourmi ne porte qu'un seul *Antennophorus,* ce dernier se place, presque toujours, sous la tête de son hôte. Le cas, représenté par la figure, dans lequel la Fourmi porte un *Antennophorus* sous sa tête et un de chaque côté de son abdomen, est très fréquent. La présence d'un ou de plusieurs *Antennophorus,* sur le corps d'un *Lasius,* n'empêche pas ce dernier de prendre part aux travaux de la colonie et, en particulier, de transporter les larves et les déblais.

» Les *Antennophorus* se tiennent volontiers sur les nymphes nues, mais jamais sur les nymphes enveloppées d'un cocon. Ils montrent une préférence marquée pour les jeunes ouvrières venant d'éclore. C'est ainsi que, dans un élevage formé d'une cinquantaine de Fourmis, portant toutes un seul *Antennophorus* et accompagnées d'un certain nombre de nymphes, je trouve, le lendemain, une Fourmi nouvel-éclose qui porte sept *Antennophorus* disposés symétriquement, à savoir : deux, placés l'un sur l'autre, de chaque côté de la tête et, sur l'abdomen, un sur le milieu de la région dorsale et un de chaque côté. Il semble que les *Antennophorus* sont attirés vers les jeunes Fourmis pour profiter des soins dont elles sont l'objet de la part de leurs compagnes plus âgées. Ces dernières ne cherchent nullement à chasser ces parasites, qui se disséminent, spontanément, un peu plus tard. Au moment où une reine se débarrasse de son enveloppe nymphale, les ouvrières viennent à son aide. Les ouvrières porteuses d'*Antennophorus* prennent part à ce travail et ces derniers profitent, généralement, de cette circonstance pour passer sur la reine nouvel-éclose.

» Les *Antennophorus* se nourrissent exclusivement du liquide nutritif que les Fourmis dégorgent. Une cinquantaine de *Lasius* porteurs d'*Antennophorus* ont été installés dans un nid d'observation et laissés sans nourriture. Au bout de huit jours, les fourmis sont en parfait état, mais il y a déjà une dizaine d'*Antennophorus* qui sont morts de faim. Une très petite gouttelette de miel coloré avec du bleu de Prusse est alors étalée sur la face inférieure du verre qui forme le plafond du nid. Un bon nombre de Fourmis, portant presque toutes un *Antennophorus,* viennent se ranger, serrées les unes contre les autres, tout autour de la gouttelette. Les *Antennophorus* ne prennent pas part à ce repas et ils sont obligés de reculer légèrement parce qu'ils ne trouvent plus la place nécessaire pour se loger entre la tête de leur hôte et le verre contre lequel elle est appliquée. Les Fourmis de cet élevage ont pris l'habitude de se tenir, serrées les unes contre les autres, dans un angle du nid. C'est là que reviennent, le jabot bien garni, celles qui ont terminé leur repas sur le miel bleu, et c'est là qu'elles en dégorgent devant la bouche de celles de leurs compagnes qui n'ont pas

encore mangé. La Fourmi qui dégorge écarte largement ses mandibules. Les mouvements péristaltiques de l'œsophage et les mouvements du pharynx ramènent des bols de miel que leur couleur bleue rend bien visibles par transparence et qui viennent former, devant la bouche, une petite gouttelette. Pendant que la Fourmi demandeuse mange ce miel dégorgé, l'*Antennophorus* qui est placé sous sa tête en prend sa part. A cet effet, il se porte en avant et enfonce son rostre dans la gouttelette. Ordinairement, tout en restant fixé par ses deux paires de pattes postérieures à la Fourmi qui le porte, l'*Antennophorus* pose et fait adhérer sa première paire de pattes ambulatoires sur la tête de la dégorgeuse. Souvent, lorsque la Fourmi demandeuse a fini son repas et se retire, on voit l'*Antennophorus* chercher à retenir la dégorgeuse. Les deux *Lasius* se prêtent ordinairement à ce prolongement du repas et, si elles se sont légèrement éloignées l'une de l'autre, l'*Antennophorus* s'étend fortement et forme, le dos en bas, une sorte de pont entre les têtes des deux Fourmis.

» Si la dégorgeuse porte un *Antennophorus* sous sa tête, celui-ci prend également part au repas. Un *Antennophorus* placé sur l'abdomen d'une Fourmi peut aussi, sans quitter cette position, se procurer de la nourriture. En effet, lorsqu'une autre Fourmi se trouve dans son voisinage, il sait, en la frappant avec ses pattes antenniformes et en étendant vers elle sa première paire de pattes ambulatoires, demander et obtenir à manger.

» En résumé, les *Antennophorus* sont des parasites qui vivent en épizoaires sur les *Lasius* et qui se nourrissent du liquide nutritif dégorgé par les Fourmis. Cela rappelle ce que j'ai décrit pour *Lepismina polypoda* (1); mais nous avons ici un cas de myrmécophilie bien plus avancé, puisque l'*Antennophorus* se nourrit, exclusivement, du liquide dégorgé et que, d'autre part, sa présence est acceptée par la fourmi qui lui donne même volontiers la nourriture qu'il demande. »

GÉOLOGIE. — *Sur quelques points de la géologie des environs de Bourganeuf (Creuse)*. Note de M. Ph. Glangeaud, présentée par M. Fouqué.

« Les trois petits bassins houillers des environs de Bourganeuf forment une traînée de direction nord-sud. Le plus grand, celui de Bostmoreau, bute par faille, à l'ouest, contre le granite; les deux autres, ceux de Bouzogles et de Mazuras, confinent presque à une grande cassure de direction générale nord-sud, se rattachant à celle qui traverse les feuilles de Brive, de Tulle et de Limoges. Cette faille, connue, plus au sud, depuis peu de temps, par les travaux de MM. Mouret et Le Verrier, a une étendue de près de 100^{km}.

(1) *Comptes rendus*, t. CXII, p. 799.

Elle traverse une partie du massif central et constitue bien, comme celle de Villefranche-Souvigny (près Moulins), l'une des lignes principales de la géologie de ce massif.

» L'affaissement produit par cette faille ou ce système de failles a dû amener la formation d'un chenal, le long duquel se sont établis de petits lacs houillers, dont on ne trouve plus aujourd'hui que des lambeaux.

» A l'est de cette faille, dans la région de Bourganeuf, s'étend une série de plateaux et de collines granitiques assez élevées, se prolongeant vers Eymoutiers et allant rejoindre le haut plateau corrézien. Cette région comprend des massifs granulitiques importants (Soubrebost, Morterolles), allongés nord-sud, comme la faille, présentant, par places, sur leur pourtour, une zone à grenats assez volumineux.

» La région, située à l'ouest de la faille, relativement basse, est constituée surtout par des gneiss et des micaschistes fortement métamophisés. C'est sur ces roches que sont installés les bassins houillers dont j'ai parlé plus haut. Ils jalonnent la direction de la faille, qui se bifurque à Bourganeuf, et le long ou près de laquelle affleurent une série de filons de quartz et de roches éruptives signalés, en partie, par Grüner. Ce géologue désignait uniformément les roches éruptives sous le nom d'*eurites quartzifères*. En réalité, ces roches sont nombreuses et variées. L'étude que j'en ai faite m'a permis de reconnaître cinq types bien caractérisés :

» 1° *Microgranulites.* — Plusieurs filons de microgranulite se voient à l'est d'Arfeuilles, presque à la limite des feuilles de Guéret et de Limoges.

» Les autes veines porphyriques sont bien visibles aux alentours de Mazuras et de Bouzogles ; mais, si aujourd'hui elles affectent la forme filonienne, plusieurs d'entre elles ont une *origine volcanique*, car elles sont en relation avec des *tufs*. Elles comprennent :

» 2° Des *porphyres à quartz globulaire*, assez décomposés, parfois kaoliniques, dont le premier temps de consolidation est constitué par des cristaux d'orthose, d'anorthose, d'oligoclase-andésine, des lamelles de mica noir et des cristaux de quartz bipyramidé. Le second temps est formé d'un magma de quartz spongieux, de microlites raccourcis, rappelant la sanidine, mais peu déterminables, de microlites d'oligoclase-andésine et d'andésine et de globules de quartz à extinction totale. L'un de ces filons est sorti au milieu d'un filon de granulite présentant des effets mécaniques puissants, les feldspaths et les grenats qui la constituaient ayant été brisés et émiettés.

» 3° On trouve aussi des filons de *porphyres à quartz auréolé*, ayant beaucoup d'analogies avec les précédents.

» La sortie de ces porphyres a été accompagnée de *tufs*, composés de cristaux de microcline brisés, provenant de roches arrachées à la profondeur, de cristaux d'oligoclase et d'oligoclase-andésine également brisés et tordus, de globules de quartz à

extinction totale et de portions de matière vitreuse, à fluidalité nettement accusée et transformées en partie en chlorite.

» L'éruption de ces roches a dû se faire probablement après la formation des bassins houillers, qu'elles ont en partie disloqués, et dans les sédiments desquels je n'ai pu trouver jusqu'à présent trace de leur existence.

» 4° Des affleurements de *rhyolite* se voient non loin de Faux-Mazuras. Ils sont formés par une roche rougeâtre, très dure, à fluidalité bien marquée. Le premier temps comprend des cristaux de sanidine et du quartz bipyramidé; le second temps est formé par un magma pétrosiliceux avec développement de quartz grenu et de globules quartzeux à structure pœcilitique; mais la plus grande partie de ce second temps est constitué par des microlites de sanidine. La composition de cette roche en fait donc une véritable rhyolite à quartz bipyramidé.

» 5° En plusieurs points, un peu distants des bassins houillers, j'ai également découvert des *porphyrites micacées*. L'un de ces gisements, celui de Laschamp, près Janaillat, se trouve dans la direction de la faille de Bostmoreau et il est en rapport avec un filon de quartz.

» Ces porphyrites sont presque exclusivement composées d'oligoclases en microlites ou en petits cristaux et de mica microlitique. Quelques grands cristaux d'oligoclases se voient également dans ces roches.

» Près de Champroy, les porphyrites sont en relation avec des *tufs* montrant des cristaux feldspathiques courbés et brisés, appartenant à l'oligoclase et à l'oligoclase-andésine; du quartz primaire en cristaux également brisés, du quartz secondaire en îlots et de la calcite assez abondante.

» Les formations géologiques des environs de Bourganeuf constituent donc, grâce à leurs variétés, une portion de territoire relativement privilégiée, qui a été peu étudiée jusqu'aujourd'hui. »

M. Ch. Rousselet adresse une Note, accompagnée d'échantillons, pour confirmer l'efficacité de la *formaline*, employée suivant sa méthode, après fixation avec l'acide osmique, pour la conservation des préparations microscopiques.

M. le Dr Bridou adresse une Note intitulée : « Synthèse des forces élémentaires, à propos des rayons X ».

La séance est levée à 4 heures. M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 1er mars 1897.

Leçons cliniques sur les maladies des voies urinaires, professées à l'hôpital Necker. Sémiologie, diagnostic, pathologie et thérapeutique générales, par J.-C.-Félix Guyon, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, etc. Tome troisième. Antisepsie, cathétérisme, anesthésie. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1897; 1 vol. in-8°. (Présenté par l'auteur.)

Annales de Chimie et de Physique, par MM. Berthelot, Friedel, Mascart, Moissan. Mars 1897. Tome X. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Bulletin astronomique, fondé en 1884 par E. Mouchez et F. Tisserand. Publié par l'Observatoire de Paris. Tome XIV. Février 1897. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

Bulletin des Sciences mathématiques, rédigé par MM. Gaston Darboux et Jules Tannery. Deuxième série. Tome XXI. Février 1897. Paris, Gauthier-Villars et fils; 1 fasc. in-8°.

Bulletin mensuel du Bureau central météorologique de France, publié par E. Mascart, Directeur du Bureau central météorologique. Année 1896. N° 12. Décembre 1896. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896; 1 fasc. in-4°.

Annales agronomiques, publiées sous les auspices du Ministère de l'Agriculture, par M. P.-P. Dehérain, Membre de l'Institut, Professeur de Physiologie végétale au Muséum d'Histoire naturelle, etc. Tome XXIII. N° 2. 25 février 1897. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. H. Deslandres, Astronome à l'Observatoire de Paris. Gauthier-Villars et fils, 1897; 1 vol. in-4°.

Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène publique de France et des actes officiels de l'Administration sanitaire. Tome vingt-cinquième. (Année 1895.) Melun, 1896; 1 vol. in-8°.

Le opere di Galileo Galilei. Edizione nazionale, sotto gli auspicii di Sua Maesta il Re d'Italia. Volume VI. Firenze, Barberà, 1896; 1 vol. in-4°.

Icones fungorum ad usum sylloges saccardianæ, adcommodatæ auctore A.-N. Berlese. Vol. II, fasc. IV. Patavii, 1897. (Hommage de l'auteur.)